

### Apparatus for warming-up fuel cell

**Patent number:** DE10126090  
**Publication date:** 2002-02-07  
**Inventor:** KOBAYASHI TOMOKI (JP); KANAZAWA TAKUMA (JP);  
NUIYA YOSHIO (JP); SHIMANUKI HIROSHI (JP)  
**Applicant:** HONDA MOTOR CO LTD (JP)  
**Classification:**  
- international: **H01M8/04; H01M8/04;** (IPC1-7): H01M8/04  
- european: H01M8/04B; H01M8/04C2B  
**Application number:** DE20011026090 20010529  
**Priority number(s):** JP20000160098 20000530; JP20010058785 20010302

**Also published as:**

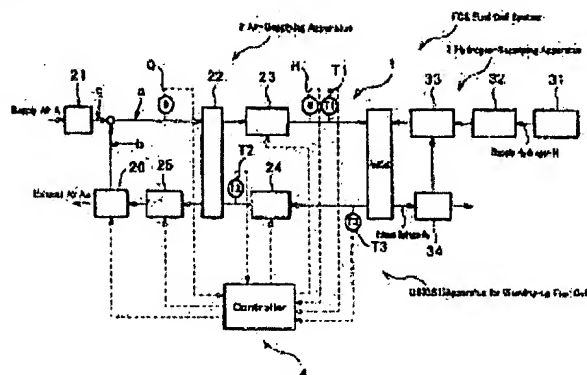
US6936359 (B2)  
US2001053469 (A1)  
JP2002056871 (A)  
CA2349090 (A1)

**Report a data error here**

Abstract not available for DE10126090

Abstract of corresponding document: **US2001053469**

An apparatus for warming-up a fuel cell has means for returning an exhaust gas which returns the exhaust gas to the supply gas depending upon the warming-up conditions of the fuel cell at the time when the supply gas is supplied into the fuel cell and it is discharged as the exhaust gas after utilizing the supply gas in the fuel cell.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 26 090 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:  
**H 01 M 8/04**

②① Aktenzeichen: 101 26 090.3  
②② Anmeldetag: 29. 5. 2001  
②③ Offenlegungstag: 7. 2. 2002

**DE 101 26 090 A 1**

③⑩ Unionspriorität:  
2000-160098 30. 05. 2000 JP  
2001-58785 02. 03. 2001 JP  
⑦① Anmelder:  
Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP.  
⑦④ Vertreter:  
Weickmann & Weickmann, 81679 München

⑦② Erfinder:  
Kobayashi, Tomoki, Wako, Saitama, JP; Kanazawa,  
Takuma, Wako, Saitama, JP; Nuiya, Yoshio, Wako,  
Saitama, JP; Shimanuki, Hiroshi, Wako, Saitama,  
JP

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

- ⑤④ Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle  
⑤⑦ Eine Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle besitzt ein Mittel zum Rückführen von Abgas, das das Abgas zu dem Versorgungsgas in Abhängigkeit von Aufwärmzuständen der Brennstoffzelle zu der Zeit rückführt, wenn das Versorgungsgas in die Brennstoffzelle eingeführt wird und es, nach Nutzung des Versorgungsgases in der Brennstoffzelle, als das Abgas abgegeben wird.

**DE 101 26 090 A 1**

## Beschreibung

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle, die elektrische Energie erzeugt, indem sie in der Luft enthaltenen Sauerstoff nutzt.

## BESCHREIBUNG DER RELEVANTEN TECHNIKEN

[0002] Eine Brennstoffzelle (Brennstoffzelle vom Festmakromolekül-Typ) zog in letzter Zeit erhebliche Aufmerksamkeit als Energiequelle eines Elektrofahrzeugs etc. auf sich, wegen ihrer Sauberkeit und ausgezeichneten energetischen Effizienz. Beispielsweise offenbart die japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. 7-240220 ein Brennstoffzellensystem, das in die Brennstoffzelle eingeführten Wasserstoff und Sauerstoff zur Wiederverwendung zirkuliert. Der Sauerstoff in diesem Brennstoffzellensystem wird von einer Oxidationsgas-Versorgungsvorrichtung zugeführt. Der in der Brennstoffzelle verbleibende unbenutzte Sauerstoff wird zur Sauerstoffzufuhrleitung zur Wiederverwendung rückgeführt. Das Gleiche kann für Wasserstoff angewendet werden. Der in der Brennstoffzelle verbleibende nicht benutzte Wasserstoff wird zur Wasserstoffzufuhrleitung zur Wiederverwendung rückgeführt. Weil hochreiner Sauerstoff und Wasserstoff von der Oxidationsgas-Versorgungsvorrichtung bzw. der Wasserstoffgas-Versorgungsvorrichtung zugeführt werden, können der Sauerstoff und der Wasserstoff zur Wiederverwendung zirkuliert werden.

[0003] Andererseits ist ein Brennstoffzellensystem bekannt geworden, in dem Luft aus der Atmosphäre aufgenommen und der Luftsauerstoff in der Brennstoffzelle verwendet wird. Wenn bei dieser Konfiguration der Sauerstoff zur Wiederverwendung zirkuliert wird, sinkt die Konzentration des Sauerstoffs (die Stickstoffkonzentration steigt), was die Effizienz der Brennstoffzelle senkt. Demzufolge wird die von der Brennstoffzelle abgegebene Abluft ohne Zirkulation zur Atmosphäre abgegeben.

[0004] Die Brennstoffzelle kann elektrische Energie in effizienter Weise bei einer höheren Temperatur als der Atmosphärentemperatur erzeugen (im Falle des Makromolekül-Typs von 80 bis 90°C), und kann keinen elektrischen Strom erzeugen, wenn die Brennstoffzelle gut erwärmt ist. Demzufolge ist es erforderlich, beim Starten der Brennstoffzelle die Brennstoffzelle schnell auf eine vorbestimmte Temperatur zu erhitzen (aufzuwärmen). Insbesondere wenn die Brennstoffzelle an einem Elektrofahrzeug angebracht ist, sollte sie noch schneller aufgewärmt werden. Demzufolge ist bei einem derartigen Typ des Brennstoffzellensystems, bei dem die Luft aus der Atmosphäre genommen wird, ein Wärmeaustauscher vorgesehen, um einen Wärmeaustausch zwischen der Abluft und der Zuluft durchzuführen.

[0005] Jedoch wird die Zuluft dadurch erhitzt, dass in dem Wärmeaustauscher die Wärme von der Abluft zur Zuluft übertragen wird. Aus diesem Grund besteht das Problem, dass beim Starten der Brennstoffzelle, bei dem die Temperatur der Abluft niedrig ist, das Aufwärmen der Brennstoffzelle nicht schnell durchgeführt werden kann. Dieses Problem wird unter Niedertemperaturbedingungen, wie etwa in kalten Gegenden und im Winter schwerwiegend, weil die Temperatur des von der Brennstoffzelle abgegebenen Abgases noch niedriger ist.

[0006] Auch nimmt in einigen Fällen die Temperatur des aus der Brennstoffzelle abgegebenen Abgases in Abhängig-

keit von den Betriebszuständen ab. In diesen Fällen sollte die Temperatur des in die Brennstoffzelle geleiteten Versorgungsgases höher sein als eine gegebene Temperatur. Jedoch kann in einigen Fällen die Zuluft allein durch den Wärmeaustauscher nicht ausreichend erhitzt werden.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung zum Heizen einer Brennstoffzelle anzugeben, die die Brennstoffzelle beim Starten der Brennstoffzelle schnell aufwärmen kann und die Zuluft auch dann ausreichend heizen kann, wenn die Temperatur des Abgases in Abhängigkeit von den Betriebszuständen der Brennstoffzelle abnimmt.

[0008] Nach einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung, die die oben beschriebene Aufgabe löst, wird eine Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle vorgeschlagen mit einem Mittel zum Rückführen von Abgas, das das Abgas zu dem Versorgungsgas in Abhängigkeit von Aufwärmzuständen der Brennstoffzelle zu der Zeit rückführt, wenn das Versorgungsgas in die Brennstoffzelle eingeführt wird und es, nach Nutzung des Versorgungsgases in der Brennstoffzelle, als das Abgas abgegeben wird.

[0009] Das Mittel zum Rückführen des Abgases ist beispielsweise in den später beschriebenen Ausführungen ein Dreiwegeventil, das die Stellung von einer Auslassstellung, wo das Abgas (die Abluft) von der Brennstoffzelle abgegeben wird, per se zu einer Rückführstellung schaltet, wo das Abgas zum Versorgungsgas (zur Zuluft) rückgeführt wird, oder umgekehrt. Beim Schalten in die Rückführstellung wird ein Zirkulationszyklus des Abgases gebildet. Der hierin verwendete Begriff "in Abhängigkeit von den Aufwärmzuständen der Brennstoffzelle" bedeutet "in Abhängigkeit von den Temperatursituationen der Brennstoffzelle etc."

[0010] Da bei dieser Konfiguration die Wärme, die das Abgas besessen hat, z. B. die von der Brennstoffzelle erzeugte Wärme, rückgeführt werden kann, kann die Brennstoffzelle unmittelbar nach dem Starten der Brennstoffzelle schnell aufgewärmt werden, und die im Inneren der Brennstoffzelle verbleibende Feuchtigkeit kann ebenfalls effektiv genützt werden.

[0011] In der Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der vorliegenden Erfindung wird bevorzugt das Mittel zum Rückführen des Abgases in Abhängigkeit von der Temperatur des Abgases gesteuert/geregelt.

[0012] Wenn beispielsweise die Temperatur des Abgases niedrig ist, wird das Mittel zum Zurückführen des Abgases zur Abgasstellung geschaltet, da das Aufwärmen der Brennstoffzelle abgeschlossen ist, oder zu dem Zweck, die Brennstoffzelle zu schützen.

[0013] Da die Zustände der Brennstoffzelle (Temperatur, Feuchtigkeit etc.) einen großen Einfluss auf die Temperatur des Abgases haben, ist es besonders vorteilhaft für die Steuerung des Mittels zum Rückführen des Abgases, die Temperatur des Abgases als Referenz für diese Entscheidung zu nutzen.

[0014] In der Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der vorliegenden Erfindung kann die Vorrichtung einen Kompressor aufweisen, der das Abgas von der Brennstoffzelle abgibt und das Abgas zu dem Versorgungsgas zurückführt.

[0015] Da bei dieser Konfiguration die durch die adiabatische Kompression des Kompressors erzeugte Wärme beim Aufwärmen der Brennstoffzelle genutzt werden kann, kann ein schnelles Aufwärmen der Brennstoffzelle sicher durchgeführt werden, und zwar unabhängig von den Situationen

der Energieerzeugung der Brennstoffzelle. Während ein Druckverlust in der Brennstoffzelle etc. auftritt, erzeugt die Kompression durch den Kompressor zur Überwindung des Druckverlustes Wärme.

[0016] In der Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der vorliegenden Erfindung kann die Vorrichtung einen Druckregler aufweisen, der den Druck des Abgases aus der Brennstoffzelle steuert/regelt.

[0017] Bei dieser Konfiguration kann der Bereich der Temperaturerhöhung des Abgases durch Steuern/Regeln des Kompressor-drucks gesetzt werden. Wenn beispielsweise der Druck stromab des Kompressors (Abgabedruck) durch den Druckregler erhöht wird, erhöht sich die Temperatur des Abgases. Wenn er hingegen gesenkt wird, nimmt die Temperaturzunahme des Abgases ab. Das Abgas, dessen Bereich der Temperaturzunahme gesetzt ist, wird zum Versorgungsgas rückgeführt. Wenn der Druckregler aus einem Drucksteuerventil aufgebaut ist, wie etwa einem Klappenventil, nimmt der Druck stromab des Kompressors zu, wenn die Öffnung des Drucksteuerventils abnimmt. Umgekehrt nimmt der Druck stromab des Kompressors ab, wenn die Öffnung vergrößert wird. Als Druckregler wird bevorzugt ein solcher verwendet, in dem das Abgas ohne Enthalpieänderung (oder mit geringer Enthalpieänderung) strömt.

[0018] In der Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der vorliegenden Erfindung mit einem Druckregler wird der Druckregler bevorzugt in Abhängigkeit von der Temperatur der Zuluft gesteuert/geregt.

[0019] Wenn beispielsweise die Temperatur der Zuluft hoch wird, wird der Druck stromab des Kompressors mittels des Druckreglers gesenkt. Wenn andererseits die Temperatur der Zuluft niedrig wird, wird der Druck stromab des Kompressors erhöht. Bei dieser Konfiguration kann das in die Brennstoffzelle einzuführende Versorgungsgas auf eine geeignete Temperatur gesetzt werden.

[0020] In der gerade erwähnten Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der vorliegenden Erfindung wird der Druckregler durch Vergleich der Temperatur des Versorgungsgases mit einer Solltemperatur des Versorgungsgases geregelt.

[0021] Bei dieser Konfiguration kann die Zuluft mit geeigneter Temperatur in die Brennstoffzelle eingeführt werden. Die Solltemperatur kann in Abhängigkeit vom Typ der Brennstoffzelle und davon, wie das Aufwärmen durchzuführen ist, geeignet gesetzt werden.

[0022] In der Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der vorliegenden Erfindung ist das Versorgungsgas Luft, die einer Sauerstoffpolseite der Brennstoffzelle zugeführt wird, und wird das Mittel zum Rückführen des Abgases in Abhängigkeit von der Sauerstoffmenge in der in den Sauerstoffpol der Brennstoffzelle eingeführten Luft gesteuert/geregt.

[0023] Wenn bei dieser Konfiguration die Luft, die in den Sauerstoffpol der Brennstoffzelle eingeführt werden soll, zum Aufwärmen der Brennstoffzelle erhitzt wird, wird die rückgeführte Abgasmenge in Abhängigkeit von der Sauerstoffmenge in der in den Sauerstoffpol der Brennstoffzelle eingeführten Luft gesteuert/geregt. Demzufolge kann ein Sauerstoffmangel in der Brennstoffzelle im Verlauf des Aufwärmens der Brennstoffzelle vermieden werden. Während eine Wasserstoffpolseite der Brennstoffzelle von der Sauerstoffpolseite her aufgewärmt wird, wird die Wasserstoffpolseite über eine Membran der Brennstoffzelle aufgewärmt.

[0024] Wenn in der gerade erwähnten Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der vorliegenden Erfindung die Sauerstoffmenge aufgrund der Energieerzeugung der Brennstoffzelle sinkt, wird die rückzuführende Menge des Abgases durch das Mittel zum Rückführen des

Abgases gesenkt.

[0025] Bei dieser Konfiguration nimmt die zuzuführende Sauerstoffmenge wegen der Energieerzeugung der Brennstoffzelle ab, wobei die rückgeführte Abgasmenge abnimmt. Da die Abgasmenge mit niedrigem Sauerstoffgehalt abnimmt und die Versorgungsgasmenge mit hohem Sauerstoffgehalt in der Luft, die in die Brennstoffzelle eingeführt werden soll, zunimmt, kann eine ausreichende Sauerstoffmenge in die Brennstoffzelle eingeführt werden.

[0026] Ferner wird nach dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung eine Vorrichtung zum Heizen einer Brennstoffzelle mit einem Kompressor angegeben, der Versorgungsgas in die Brennstoffzelle einführt und der, nach Nutzung bei der Energieerzeugung in der Brennstoffzelle, das Versorgungsgas als Abgas abgibt, dadurch gekennzeichnet, dass das Gas durch Wärme erhitzt wird, die durch die adiabatische Kompression des Kompressors erzeugt wird, wobei das erhitzte Gas in die Brennstoffzelle eingeführt wird, um die Brennstoffzelle aufzuwärmen, und das von der Brennstoffzelle abgegebene Gas zu dem Kompressor rückgeführt wird, um einen Zirkulationszyklus zu bilden.

[0027] Bei dieser Konfiguration kann auch während des Startens der Brennstoffzelle die Wärme, die in dem von dem Kompressor abgegebenen Gas enthalten ist, der Einlassseite des Kompressors über die Brennstoffzelle zugeführt werden, falls die Temperatur des in die Brennstoffzelle einzuführenden Versorgungsgases abgenommen hat. Demzufolge kann die Brennstoffzelle leicht auf einen geeigneten Temperaturbereich erhitzt werden.

[0028] In der Vorrichtung zum Heizen einer Brennstoffzelle nach dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung besitzt der Zirkulationszyklus bevorzugt einen Wärmeaustauscher zwischen dem Gas vor Erhitzung durch den Kompressor und dem Gas nach Erhitzung durch den Kompressor, und das durch den Wärmeaustauscher erhitzte Gas wird der Brennstoffzelle zugeführt.

[0029] Da bei dieser Konfiguration die Wärme selbst einen kleinen Zirkulationszyklus bildet, während das erhitzte Versorgungsgas zirkuliert und in den Kompressor eingeführt wird, kann die Wärme aufgrund der adiabatischen Kompression des Kompressors in effektiver Weise auf die Brennstoffzelle übertragen werden.

[0030] Da die Sauerstoffkonzentration in der Luft während der Energieerzeugung der Brennstoffzelle sinkt, ändert sich die Effizienz der Energieerzeugung zum Schlechten hin, wenn fortlaufend das gesamte Gas zurückgeführt wird. Aus diesem Grund ist der Wärmeaustauscher, der selektiv die Wärme wiedergewinnen kann; vorgesehen, um die Brennstoffzelle schnell aufzuwärmen und eine brennstofflose Situation zu verhindern (Fehlen von Sauerstoff).

[0031] In der Vorrichtung zum Heizen einer Brennstoffzelle nach dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung bewertet die Vorrichtung, ob das Aufwärmen der Brennstoffzelle abgeschlossen ist oder nicht, und die Energieerzeugung wird gestartet, nachdem das Aufwärmen als abgeschlossen bewertet ist.

[0032] Nachdem bei dieser Konfiguration die Brennstoffzelle auf einen Temperaturbereich zum Erhalt einer guten Effizienz der stromerzeugenden Brennstoffzelle erhitzt ist, kann die Brennstoffzelle elektrische Energie erzeugen.

[0033] In der Vorrichtung zum Heizen einer Brennstoffzelle nach einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung mit der gerade erwähnten Ausführung erfolgt die Bewertung des Abschlusses auf Aufwärmens bevorzugt auf der Basis der Temperatur des von der Brennstoffzelle abgegebenen Abgases.

[0034] Bei dieser Konfiguration wird auf der Basis des von der Brennstoffzelle abgegebenen Abgases bewertet, ob

das Aufwärmen der Brennstoffzelle abgeschlossen wurde oder nicht. Demzufolge kann das Aufwärmen der Brennstoffzelle erfasst werden, ohne separat irgendeinen Detektor zum Erfassen des Abschlusses des Startens der Brennstoffzelle vorzusehen.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0035] Fig. 1 zeigt insgesamt ein Brennstoffzellensystem mit einer Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der vorliegenden Erfindung.

[0036] Fig. 2 ist eine schematische Ansicht mit Darstellung der Konfiguration der Brennstoffzelle in Fig. 1.

[0037] Fig. 3 ist eine Graphik mit Darstellung des Temperaturzunahmeprofils in dem in Fig. 2 gezeigten Kompressor. [0038] Fig. 4 ist ein Steuerfluss der Vorrichtung zum Aufwärmen der Brennstoffzelle nach der ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung im Startmodus.

[0039] Fig. 5 zeigt insgesamt ein Brennstoffzellensystem mit einer Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der zweiten Ausführung der vorliegenden Erfindung.

[0040] Fig. 6 zeigt insgesamt ein Brennstoffzellensystem mit einer Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der dritten Ausführung der vorliegenden Erfindung.

[0041] Fig. 7 zeigt insgesamt ein Brennstoffzellensystem mit einer Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der vierten Ausführung der vorliegenden Erfindung.

[0042] Fig. 8 ist ein Steuerfluss der Vorrichtung zum Aufwärmen der Brennstoffzelle nach der vierten Ausführung der vorliegenden Erfindung im Startmodus.

[0043] Fig. 9 zeigt insgesamt ein Brennstoffzellensystem mit einer Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der fünften Ausführung der vorliegenden Erfindung.

[0044] Fig. 10 zeigt insgesamt ein Brennstoffzellensystem mit einer Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der sechsten Ausführung der vorliegenden Erfindung.

#### BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGEN

[0045] Ausführungen der Vorrichtung zum Aufwärmen der Brennstoffzelle nach der vorliegenden Erfindung werden nun anhand der beigefügten Zeichnungen beschrieben.

##### Erste Ausführung

[0046] Hierin wird nachfolgend die Vorrichtung zum Aufwärmen der Brennstoffzelle nach der ersten Ausführung beschrieben.

[0047] In der folgenden Erläuterung, die die erste Ausführung demonstriert, werden für die Bezugnahme die Fig. 1 bis 3 verwendet, worin

[0048] Fig. 1 insgesamt ein Brennstoffzellensystem mit einer Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0049] Fig. 2 eine schematische Ansicht mit Darstellung der Konfiguration der Brennstoffzelle in Fig. 1 ist; und Fig. 3 eine Graphik ist, die das Temperaturzunahmeprofil in dem in Fig. 2 gezeigten Kompressor zeigt.

[0050] Ein in Fig. 1 gezeigtes Brennstoffzellensystem FCS ist ein auf einer Brennstoffzelle 1 beruhendes Energieerzeugungssystem. Das Brennstoffzellensystem FCS ist hauptsächlich aufgebaut aus der Brennstoffzelle 1, einer

Luftversorgungsvorrichtung 2, einer Wasserstoffversorgungsvorrichtung 3, einem Steuergerät 4 und dgl. Die Vorrichtung GS (GS1) zum Aufwärmen der Brennstoffzelle ist aus der Luftversorgungsvorrichtung 2 sowie einem Steuergerät 4 aufgebaut. Das Brennstoffzellensystem FCS ist an einem Fahrzeug angebracht (ein Brennstoffzellen-Elektrofahrzeug).

[0051] Wie in Fig. 2 gezeigt, ist die Brennstoffzelle 1 über eine Elektrolytmembran 1c in eine Kathodenseite (Sauerstoffpolseite) und eine Anodenseite (Wasserstoffpolseite) unterteilt. Die Elektroden, die einen Platin-Scienkatalysator enthalten, sind an beiden Seiten vorgesehen, um eine Kathodenelektrode bzw. eine Anodenelektrode zu bilden. Als die Elektrolytmembran 1c wird eine feste makromolekulare Membran verwendet, wie etwa eine Perfluorkohlenstoff-Sulfonsäure-Membran, die eine Protonenaustauschermembran ist. Die Elektrolytmembran 1c besitzt in ihrem Molekül eine Mehrzahl von Protonenaustauscherguppen sowie einen niedrigen spezifischen Widerstand von nicht mehr als 20  $\Omega$ -Proton bei Normaltemperatur, wenn sie einen gesättigten Feuchtegehalt hat, der als Protonen-leitendes Elektrolyt wirkt. Der in der Kathode 1b enthaltene Katalysator ist ein Katalysator, um aus Sauerstoff Sauerstoffionen zu erzeugen, und der in der Anode 1d enthaltene Katalysator ist ein Katalysator, um aus Wasserstoff Protonen zu erzeugen.

[0052] Eine kathodenseitige Gaspassage 1a, die einen Durchtritt von Versorgungsgas A als Oxidationsgas erlaubt, ist außerhalb der Kathodenelektrode 1b vorgesehen, während eine anodenseitige Gaspassage 1e, die einen Durchtritt von zuzuführendem Wasserstoff H als Brenngas erlaubt, außerhalb der Anodenelektrode 1d vorgesehen ist. Ein Einlass und ein Auslass der kathodenseitigen Gaspassage 1a sind mit der Luftversorgungsvorrichtung 2 verbunden, und ein Einlass und ein Auslass der anodenseitigen Gaspassage 1d sind mit der Wasserstoffversorgungsvorrichtung 3 verbunden. Die Konfiguration der in Fig. 2 gezeigten Brennstoffzelle ist schematisch als Einzelzelle gezeigt, wobei aber eine echte Brennstoffzelle 1 aus einem Laminat aufgebaut ist, in dem angenähert 200 Einzelzellen aufeinander geschichtet sind. Da sich die Brennstoffzelle wegen der elektrochemischen Reaktion im Verlauf der Energieerzeugung aufheizt, besitzt die Brennstoffzelle 1 einen Kühler (nicht gezeigt), der die Brennstoffzelle 1 kühlt.

[0053] Wenn in der Brennstoffzelle 1 das Versorgungsgas A der kathodenseitigen Gaspassage 1a zugeführt wird und der zugeführte Wasserstoff H der anodenseitigen Gaspassage 1e zugeführt wird, wird der Wasserstoff aufgrund der Katalyse an der Anodenelektrode 1d ionisiert, um Protonen herzustellen, die sich dann innerhalb der Elektrolytmembran 1c bewegen, um die Kathodenelektrode 1b zu erreichen. Die Protonen, die die Kathodenelektrode 1b erreichen, reagieren schnell mit den Sauerstoffionen, die aus dem in der Zuluft A enthaltenen Sauerstoff hergestellt werden, zur Herstellung von Wasser. Die Zuluft A, die das so hergestellte Wasser enthält, wird von dem Auslass an der Kathodenseite der Brennstoffzelle 1 als Abluft Ae abgegeben, die eine große Feuchtigkeitsmenge enthält. An der Anodenelektrode 1d werden während der Ionisierung des Wasserstoffs Elektronen e erzeugt, und die resultierenden Elektronen e erreichen die Kathodenelektrode 1b über eine externe Last M, wie etwa einen Motor.

[0054] Wie in Fig. 1 gezeigt, ist die Luftversorgungsvorrichtung 2, welche die Vorrichtung GS1 zum Aufwärmen der Brennstoffzelle bildet, hauptsächlich aufgebaut aus einem Luftreiniger 21, einem Wärmeaustauscher 22, einem Befeuchter 23, einem Kompressor 24, einem Drucksensor 25, einem Dreizehventil 26, einem Aerometer

(Strömungssensor) Q, Thermosensoren  $T_1$ ,  $T_2$  und  $T_3$ , einem Feuchtigkeitssensor H und dgl.

[0055] Der Luftreiniger 21 ist aus einem Filter (nicht gezeigt) und dgl. aufgebaut und filtert die Luft, die der Kathodenelektroden- und Brennstoffzelle 1 zugeführt wird (Zuluft A), um hierdurch in der Zuluft A enthaltenen Staub zu entfernen.

[0056] Der Wärmeaustauscher 22 (als Vorrichtung) ist aus einem Plattenwärmeaustauscher oder einem Schalen- und Röhren-Wärmeaustauscher aufgebaut, der Passagen an einer

[0057] Niedertemperaturfluidseite und einer Hochtemperaturseite (nicht gezeigt) besitzt, und einen Wärmeaustausch zwischen der Luft, die durch den Kompressor 24 komprimiert ist (Abluft Ae), und der Zuluft A, die durch den Luftreiniger 21 gefiltert wurde, durchführt. Die Zuluft A wird durch den Wärmeaustauscher 22 erhitzt und wird dann in die Brennstoffzelle 1 eingeführt. Die Brennstoffzelle 1 arbeitet bei einer Temperatur von etwa 80 bis 90°C. Aus diesem Grund wird die temperaturgesteuerte Zuluft A, die auf 60 bis 75°C geregelt ist, in die Brennstoffzelle 1 eingeführt. Die Temperatursteuerung der Zuluft A wird später vollständig beschrieben.

[0058] Der Befeuchter 23, der eine Art Vergaser ist, ist aufgebaut auf Venturirohren (Kapillarrohren), einem Wasserspeichertank, einem Siphon, der die Venturirohre mit dem Wassertank etc. verbindet (nicht gezeigt), wobei das in dem Wasserspeichertank gespeicherte Wasser durch Venturiwirkung abgepumpt und zur Befeuchtung der Zuluft A versprüht wird. In das Siphonrohr ist eine Nadel eingesetzt, die durch einen Schrittmotor angetrieben ist, um die Strömungsmenge des Wassers zu steuern, das durch das Siphonrohr fließt (die Nadel und das Siphonrohr bilden ein Nadelventil). Wie oben beschrieben, dient die Befeuchtung der Zuluft A zur Befeuchtung der Brennstoffzelle 1, um hierdurch das Austrocknen der in Fig. 2 gezeigten Elektrolytmembran 1c zu verhindern. Wenn die Elektrolytmembran 1c trocken wird, wird die Wanderung der Protonen gehemmt, was die elektromotorische Kraft senkt. Wenn andererseits die Brennstoffzelle 1 zu stark befeuchtet wird, werden die in Fig. 1 gezeigte kathodenseitige Gaspassage 1a und/oder die Fusionsschichten (nicht gezeigt) in Wasser getränkt, was zu einer Abnahme der elektromotorischen Kraft führt. Der Befeuchter 23 kann aus einer wasserdurchlässigen Membran aufgebaut sein.

[0059] Der Kompressor 24 (Mittel zum Einpressen des Abgases) ist aufgebaut aus einem Auflader (Volumen-Kompressor), einem Motor, der den Auflader antreibt (nicht gezeigt) und dgl., und der Kompressor 24 saugt die Zuluft A an, die als das Oxidationsgas in der Brennstoffzelle 1 benutzt wurde, d. h. die Abluft Ae, die von der Kathodenpolseite der Brennstoffzelle 1 abgegeben wurde, und liefert diese zu dem nachgeschalteten Wärmeaustauscher 22. Durch Ansaugen der Zuluft A spielt der Kompressor 24 eine Rolle beim Betrieb der Brennstoffzelle 1 durch einen Unterdruck (einen Druck, der nicht höher als der Atmosphärendruck ist). Der Kompressor komprimiert die Abluft Ae auch adiabatisch, um die Temperatur der Abluft anzuheben, wodurch die Abluft, die aufgeheizt wurde, als Wärmequelle zum Heizen der Zuluft A verwendet wird.

[0060] Das Drucksteuerventil (der Druckregler) 25 ist aus einem Klappenventil und einem Schrittmotor (nicht gezeigt) und dgl. aufgebaut und steuert/regelt den Druck der Abluft Ae aus dem Kompressor (Abgabedruck) durch Verkleinern oder Vergrößern der Öffnung des Drucksteuerventils 25. Wenn die Öffnung des Drucksteuerventils 25 verkleinert wird, nimmt der Abgabedruck von dem Kompressor 24 zu, und demzufolge steigt der Temperaturanstiegsbereich der

Abluft Ae. Wenn hingegen die Öffnung des Drucksteuerventils 25 verkleinert wird, nimmt der Abgabedruck von dem Kompressor 24 ab, und dementsprechend sinkt der Temperaturanstiegsbereich der Abluft Ae.

[0061] Das Drucksteuerventil 25 lässt die Abluft in einer Situation fließen, in der die Enthalpieänderung gering ist. Aus diesem Grund ist die Temperaturabnahme des Abgases nach dem Durchfluss durch das Drucksteuerventil 25 gering.

[0062] Das Dreiwegeventil 26 (Mittel zum Rückführen des Abgases) ist aus einem Durchlassschalter aufgebaut, der durch elektromagnetische Kraft angetrieben wird (nicht gezeigt), und es schaltet den Durchlass des Abgases Ae zu einer Auslassstellung oder einer Rückführstellung. Wenn das Dreiwegeventil 26 in die Auslassstellung gestellt ist, wird das Abgas Ae aus dem System abgegeben. Wenn andererseits das Dreiwegeventil 26 in die Rückführstellung gestellt ist, wird das Abgas Ae in eine Leitung der Zuluft A rückgeführt, die zwischen dem Luftfilter 21 und dem Wärmeaustauscher 22 angeordnet ist (zur Bildung eines Zirkulationszyklus). Die Bedingungen zum Umschalten der Stellung des Dreiwegeventils 26 zur Auslassposition oder Rückführposition werden später beschrieben.

[0063] Das Aerometer Q ist aus einem Differenzdruck-Strömungsmesser etc. aufgebaut, und es erfasst die Strömungsmenge der Zuluft A nach dem Durchfluss durch den Luftreiniger 21 (nach Zusammenfluss mit der Abluft Ae) und schickt das erfasste Signal an das Steuergerät 4.

[0064] Der Thermosensor  $T_1$  ist aus einem Thermistor etc. aufgebaut und erfasst die Temperatur des Versorgungsgases A am Einlass der Brennstoffzelle 1 an der Kathodenseite, die zum Steuergerät 4 geschickt wird.

[0065] Der Thermosensor  $T_2$  ist aus einem Thermistor etc. aufgebaut, ähnlich dem Thermosensor  $T_1$ , und erfasst die Temperatur des Abgases Ae am Auslass des Kompressors 24, die zum Steuergerät 4 geschickt wird.

[0066] Der Thermosensor  $T_3$  ist aus einem Thermistor etc. aufgebaut, ähnlich dem Thermosensor  $T_1$  und  $T_2$ , und erfasst die Temperatur der Abluft Ae am Auslass der Brennstoffzelle 1 der Kathodenpolseite, die zum Steuergerät 4 geschickt wird.

[0067] Der Feuchtigkeitssensor H ist aus einem Makromolekül-Befeuchtungssensor etc. aufgebaut, und er erfasst die Feuchtigkeit des Versorgungsgases A am Einlass der Brennstoffzelle 1 an der Kathodenseite, die zum Steuergerät 4 geschickt wird.

[0068] Wie in Fig. 1 gezeigt, ist die Wasserstoffversorgungsvorrichtung 3 aufgebaut aus einem Wasserstoffgaszylinder 31, einem Regler 32, einer Wasserstoffzirkulationspumpe, einem Dreiwegeventil 34 und dgl.

[0069] Der Wasserstoffgaszylinder 31 ist aus einer Hochdruckwasserstoffflasche (nicht gezeigt) aufgebaut und speichert das Wasserstoffversorgungsgas H, das in die Anodenpolseite der Brennstoffzelle 1 eingeführt werden soll. Der zu speichernde Versorgungswasserstoff H ist reiner Wasserstoff mit einem Druck von 15 bis 20 MPaG (150–200 kg/cm<sup>2</sup>G). Anzumerken ist, dass der Wasserstoffgaszylinder 31 eine Bauart haben kann, die eine eingebaute Wasserstoffeinschlusslegierung aufweist, die Wasserstoff bei einem Druck von annähernd 1 MPaG (10 kg/cm<sup>2</sup>G) speichert.

[0070] Der Regler 32 ist aus einer Membran, einer Druckeinstellfeder (nicht gezeigt) aufgebaut und ist ein Druckregler, der den Druck des mit hohem Druck gespeicherten Versorgungswasserstoffs auf einen vorbestimmten Wert senkt, sodass der Versorgungswasserstoff H bei konstantem Druck genutzt werden kann. Wenn man den Atmosphärendruck als Referenzdruck zur Einführung in die Membran verwendet, kann der Regler 32 den Druck des in



dem Wasserstoffgaszylinder 31 gespeicherten Versorgungswasserstoffs H auf einen Pegel nahe dem Atmosphärendruck senken. Wenn man den Druck des Unterdruckabschnitts der Luftversorgungsvorrichtung 2, der mit Unterdruck betrieben wird, als in die Membrane einzuführenden Referenzdruck verwendet, kann der Druck des in dem Wasserstoffgaszylinder 31 gespeicherten Versorgungswasserstoffs H auf einen Druck nahe dem Druck des entsprechenden Unterdruckabschnitts gesenkt werden. Da in der ersten Ausführung die Wasserstoffversorgungsvorrichtung 3 mit einem Unterdruck von nicht höher als dem Atmosphärendruck betrieben wird, wird der Druck an der Einlassseite des Kompressors 2 der Luftversorgungsvorrichtung 2 als Referenzdruck eingegeben. Durch Betrieb der Wasserstoffversorgungsvorrichtung 3 mit Unterdruck kann eine externe Leckage des strömenden Wasserstoffs verhindert werden, was die Brennstoffeffizienz verbessert.

[0071] Die Wasserstoffzirkulationspumpe 33 ist aus einem Einspritzer (nicht gezeigt) etc. aufgebaut, und sie nutzt eine Strömung des Versorgungswasserstoffs H zu der Anodenseite der Brennstoffzelle 1 hin, um den Wasserstoff H, der in der Brennstoffzelle 1 genutzt worden ist, d. h. den Auslass-Wasserstoff He, anzusaugen, der von der Anodenseite der Brennstoffzelle 1 abgegeben wird und durch ein Dreiwegeventil 34 fließt, und um dieses zu zirkulieren. Der Grund dafür, warum der Auslasswasserstoff zirkuliert und verwendet wird, ist, dass der Versorgungswasserstoff H reiner Sauerstoff ist, der in dem Wasserstoffgaszylinder 31 gespeichert ist.

[0072] Das Dreiwegeventil 34 ist aus einem Durchlassschalter (nicht gezeigt) etc. aufgebaut, und es schaltet den Durchlass des Auslasswasserstoffs He zu der Auslassstellung oder der Zirkulationsstellung. Wenn das Dreiwegeventil 34 in die Auslassstellung geschaltet ist, wird der Auslasswasserstoff He aus dem System der Wasserstoffversorgungsvorrichtung 3 abgegeben. Wenn das Dreiwegeventil 34 in die Zirkulationsstellung geschaltet ist, wird der Auslasswasserstoff He in eine Wasserstoffzirkulationspumpe 33 eingeführt.

[0073] Das Steuergerät 4, das die Vorrichtung GS1 zum Aufwärmen der Brennstoffzelle bildet, ist aus einer CPU, Speichern, I/O-Schnittstelle, A/D-Wandler, Bus etc. (nicht gezeigt) aufgebaut. Das Steuergerät 4 steuert das Brennstoffzellensystem FCS vollständig. Das Steuergerät 4 steuert/regelt auch die Strömungsmenge, die Temperatur und die Feuchtigkeit der Zuluft A, die der Brennstoffzelle 1 zugeführt werden soll. Das Steuergerät 4 erhält die Erfassungssignale von den Sensoren Q, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> und T<sub>3</sub> und H. Das Steuergerät 4 schickt auch die Steuersignale an den Befeuchter, an den Kompressor 24, an das Drucksteuerventil 25 und an das Dreiwegeventil 26. Nun wird die Steuerung/Regelung von (1) der Durchflussmenge, (2) der Temperatur und (3) der Feuchtigkeit der Zuluft A und (4) die Steuerung zum Schalten des Durchlasses beschrieben. Wie hierin nachfolgend beschrieben wird, besitzt das Steuergerät 4 zwei Modi, das ist ein Startmodus und ein Normalmodus. Das Dreiwegeventil 26 befindet sich im Startmodus in der Rückführstellung, und im Normalmodus in der Auslassstellung.

(1) In Bezug auf die Regelung der Durchflussmenge setzt das Steuergerät 4 eine Soll durchflussmenge der zu benötigenden Zuluft A durch ein Kennfeld etc., auf der Basis der ausgegebenen Anforderungssignale von Mitteln zum Einstellen der Leistung, wie etwa eines Gaspedals (nicht gezeigt). Wenn die Soll durchflussmenge zunimmt, erzeugt das Steuergerät 4 ein Steuersignal, um die Abgabemenge von dem Kompressor 24 (die Drehzahl des Motors) zu erhöhen, und schickt dieses

zu dem Kompressor 24. Wenn andererseits die Soll durchflussmenge abnimmt, erzeugt das Steuergerät 4 ein Steuersignal, um die Abgabemenge von dem Kompressor 24 (die Drehzahl des Motors) zu senken, und schickt dieses zum Kompressor 24. Hierbei wird eine Rückkopplungsregelung durchgeführt, sodass die Abweichung zwischen dem erfassten Signal von dem Aerometer Q und der Soll durchflussmenge zu null wird. (2) In Bezug auf die Temperaturregelung setzt das Steuergerät 4 die Temperatur der Zuluft A als Solltemperatur im Bereich von 60°C (Untergrenze der vorbestimmten Temperatur) bis 75°C (Obergrenze der vorbestimmten Temperatur), auf der Basis des Erfassungssignals von dem Thermosensor T<sub>1</sub> mittels der Öffnung des Drucksteuerventils 25 durch den Schrittmotor. Insbesondere wenn die Temperatur der Zuluft A auf nicht weniger, als die Solltemperatur angehoben ist oder wird, erzeugt das Steuergerät 4 ein Steuersignal zum Antrieb des Schrittmotors derart, dass die Öffnung des Drucksteuerventils kleiner wird, und schickt das so erzeugte Signal ab. Dies senkt die Abgabemenge von dem Kompressor, was die Temperatur des Abgases Ae senkt, die wiederum die Wärmeaustauschmenge in dem Wärmeaustauscher 22 senkt, um hierdurch die Temperatur der Zuluft A zu senken. Wenn andererseits die Temperatur der Zuluft A auf nicht höher als die Solltemperatur gesenkt ist oder wird, erzeugt das Steuergerät 4 ein Steuersignal zum Antrieb des Schrittmotors derart, dass die Öffnung des Drucksteuerventils größer wird, und schickt das so erzeugte Signal ab. Dies erhöht die Abgabemenge von dem Kompressor, was die Temperatur des Abgases Ae erhöht, was wiederum die Wärmeaustauschmenge in dem Wärmeaustauscher 22 erhöht, um hierdurch die Temperatur der Zuluft A zu erhöhen. Hierbei wird eine Rückkopplungsregelung durchgeführt, sodass die Abweichung zwischen dem Erfassungssignal von dem Thermometer T<sub>1</sub> und der Solltemperatur zu null wird. Unabhängig von der Öffnung des Drucksteuerventils 25 arbeitet der Kompressor 24, um die Zuluft A in der Soll durchflussmenge in die Brennstoffzelle 1 einzuleiten.

Als Ausfallsicherungsmechanismus, wenn das erfasste Signal von dem Thermosensor T<sub>2</sub> höher als ein gegebener Wert (nicht niedriger als 150°C) wird, erzeugt das Steuergerät 4 zum Schutz des Kompressors 24 etc. ein Steuersignal zum Vergrößern der Öffnung des Drucksteuerventils 25 und/oder ein Steuersignal zum Verkleinern der Abgabemenge von dem Kompressor 24 und schickt dieses/diese ab. Dies senkt die Temperatur an der Auslassseite von dem Kompressor 24, um hierdurch den Kompressor 24 zu schützen.

Fig. 3 zeigt eine Beziehung zwischen dem Druckverhältnis (P<sub>1</sub>-P<sub>5</sub> = Abgabedruck/Einlassdruck) des Kompressors 24 und der Temperatur der Abluft Ae (das Druckverhältnis: P<sub>5</sub> > P<sub>4</sub> > P<sub>3</sub> > P<sub>2</sub> > P<sub>1</sub>). Wie aus dieser Figur ersichtlich, versteht es sich, dass die Temperatur der Abluft Ae erhöht werden kann, indem das Druckverhältnis des Kompressors 24 erhöht wird, worauf die Durchflussmenge der Abluft Ae nur geringen Einfluss hat. Insbesondere versteht es sich, dass die Temperatur der Abluft Ae durch das Drucksteuerventil 25 gesteuert werden kann. Hier ist die in Fig. 3 beschriebene Solltemperatur die minimale Solltemperatur der Abluft Ae (Abgas) an der Auslassseite des Kompressors 24. Der Normalbetrieb (das Aufwärmen) erfolgt bei einer höheren Temperatur als der Solltemperatur.

(3) In Bezug auf die Feuchtigkeitsregelung regelt das

Steuergerät 4 die Feuchtigkeit der Zuluft A, die in den Einlass der Brennstoffzelle 1 an der Kathodenpolseite eingeführt werden soll, derart, dass sie eine Sollfeuchtigkeit wird auf der Basis des Erfassungssignals von dem Feuchtigkeitssensor H, durch Steuerung der Öffnung des Nadelventils des Befeuchters 3 durch einen Schrittmotor. Insbesondere wenn die Feuchtigkeit der Zuluft auf höher als die Sollfeuchtigkeit angehoben ist oder wird, erzeugt das Steuergerät 4 ein Steuersignal, um den Schrittmotor derart anzutreiben, dass die Öffnung des Nadelventils verkleinert wird und schickt das erzeugte Steuersignal ab. Dies senkt die Feuchtigkeitsmenge, die durch das Nadelventil fließt, wobei sie die Feuchtigkeit der Zuluft A senkt. Wenn andererseits die Feuchtigkeit der Zuluft auf höher als die Sollfeuchtigkeit gesenkt ist oder wird, erzeugt das Steuergerät 4 ein Steuersignal zum Antrieb des Schrittmotors derart, dass die Öffnung des Nadelventils vergrößert wird, und schickt das so erzeugte Steuersignal ab. Dies erhöht die durch das Nadelventil fließende Feuchtigkeitsmenge, wobei sie die Feuchtigkeit der Zuluft A erhöht. Hierbei wird eine Rückkopplungsregelung durchgeführt, so dass die Abweichung zwischen dem erfassten Signal von dem Feuchtigkeitssensor H und der Sollfeuchtigkeit null wird.

(4) In Bezug auf die Steuerung zum Schalten des Durchlasses gelangt, wenn der Zündschalter des Fahrzeugs zum Anlassen des Brennstoffzellensystems FCS EINGeschaltet wird, das Steuergerät in den Startmodus. Wenn das Steuergerät in dem Startmodus ist, erzeugt das Steuergerät 4 ein Signal zum Schalten des Dreiwegeventils 26 in die Rückführstellung zu dem Dreiwegeventil 26 und schickt es zu dem Dreiwegeventil 26 (Bildung des Zirkulationszyklus). Wie unten beschrieben, wird der Startmodus gelöst, falls das Erfassungssignal von dem Thermosensor T<sub>3</sub> einen vorbestimmten Wert überschreitet, und das Steuergerät 4 schaltet auf den Normalmodus. Beim Schalten in den Normalmodus erzeugt das Steuergerät 4 ein Signal für das Dreiwegeventil 26, das in die Auslassstellung geschaltet werden soll, und schickt das Signal zu dem Dreiwegeventil 26. Möglich ist eine Konfiguration, dass dann, wenn die Temperatur der von der Brennstoffzelle 1 abgegebenen Abluft Ae niedrig ist, der Modus automatisch auf den Startmodus geschaltet wird.

[0074] Nachfolgend wird ein Beispiel des Betriebs der Vorrichtung GS1 zum Aufwärmen der Brennstoffzelle nach der oben beschriebenen ersten Ausführung anhand von Fig. 4 beschrieben.

[0075] Fig. 4 ist ein Steuerfluss der Vorrichtung zum Aufwärmen der Brennstoffzelle nach der ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung im Startmodus. Anzumerken ist, dass die Solltemperatur der Zuluft A während des Aufwärmens von 60°C (Untergrenze) bis 75°C (Obergrenze) beträgt.

[0076] Im Startmodus schaltet oder stellt das Steuergerät 4 das Dreiwegeventil 26 in die Rückführstellung zur Bildung eines Zirkulationszyklus (S1). Dann wird der Kompressor 24 mit einer vorbestimmten Drehzahl (3000 Upm) betrieben, und die Öffnung des Drucksteuerventils 25 wird auf einen vorbestimmten Wert gesetzt (S2 und S3). Das Drucksteuerventil 25 wird so gesetzt, dass der Auslassdruck von dem Kompressor 24 40 kPaG beträgt. Dies startet das Aufwärmen der Brennstoffzelle 1. In diesem Fall wird das Wasser effektiv genutzt. Hierbei gibt die Brennstoffzelle keine elektrische Energie aus. Da der Druck am Punkt C in Fig. 1 niedriger ist als der am Punkt b in Fig. 1, fließt die Zuluft A

von dem Punkt C nicht zu dem Punkt A, sondern fließt die Abluft Ae von dem Punkt B aus (Druck von Punkt b > Druck von Punkt c > Druck von Punkt A).

[0077] Dann bewertet das Steuergerät, ob die Temperatur der Abluft Ae am Auslass der Brennstoffzelle 1 der Kathodenseite niedriger als 20°C ist oder nicht (S4). Wenn sie nicht niedriger als 20°C ist, führt das Steuergerät 4 den Normalmodus aus, da das Aufwärmen als abgeschlossen bewertet werden kann (S5). Während der Ausführung des Normalmodus beginnt die Brennstoffzelle 1 mit der Energieerzeugung, und das Dreiwegeventil 26 der Luftversorgungsvorrichtung 2 ist in der Auslassstellung angeordnet. Wenn die Energieerzeugung beginnt, werden Sauerstoff und Wasserstoff verbraucht.

[0078] Wenn andererseits in Schritt S4 die Temperatur der Abluft Ae niedriger als 20°C ist, wird das Aufwärmen fortgesetzt. In diesem Fall bewertet das Steuergerät 4, ob die Temperatur der Zuluft A an der Kathodenseite der Brennstoffzelle 1 niedriger als 60°C ist oder nicht (S6). Wenn sie niedriger als 60°C ist, wird das Drucksteuerventil 2 um 1 Grad geschlossen (S7), und dieser Zustand wird für eine gegebene Zeitdauer (einige Sekunden) gehalten (S8). Dies erhöht die Temperatur der Abluft Ae (Auslassgas) und die der Zuluft A, was die Brennstoffzelle schnell aufwärmt. In Schritt S9 bewertet das Steuergerät 4, ob die Temperatur der Abluft Ae an der Auslassseite des Kompressors 24 130°C überschreitet. Wenn sie nicht höher als 130°C ist, die die Temperatur unproblematisch ist, kehrt das Steuergerät 4 zu Schritt S4 zurück, um das Aufwärmen fortzusetzen. Wenn die Temperatur der Abluft Ae an der Auslassseite des Kompressors 24 130°C überschreitet, wird das Drucksteuerventil 25 um 5 Grad geöffnet, und dieser Zustand wird für eine gegebene Zeitdauer (einige Sekunden) gehalten (S10 und S11). Dies senkt die Temperatur des Abgases Ae an der Auslassseite des Kompressors 24. Bevorzugt wird in Schritt S12 die tatsächliche Temperatur gewertet; wenn die Temperatur abnimmt, kehrt das Steuergerät 4 zu Schritt S4 zurück, um die Behandlung fortzusetzen (auch möglich ist es, zu Schritt S4 zurückzukehren).

[0079] Wenn die Temperatur des Abgases Ae an der Auslassseite des Kompressors 24 weiter zunimmt (oder nicht niedriger als 150°C (vorbestimmte Temperatur) ist), schaltet das Steuergerät 4 zu Schritt S17, um einen Ausfallsicherungsvorgang auszuführen, um das Drucksteuerventil weit zu öffnen und den Kompressor 24 zu stoppen (S17 und S18). In diesem Fall wird wegen der Berücksichtigung der Abnormalität des Drucksteuerventils 25 eine Alarmlampe eingeschaltet, um dem Fahrer die Abnormalität mitzuteilen.

[0080] Wenn in Schritt S6 die Temperatur der Zuluft A an der Kathodenseite der Brennstoffzelle 1 nicht niedriger als 60°C ist, wertet das Steuergerät, ob die Temperatur der Zuluft A an der Kathodenseite der Brennstoffzelle 1 75°C überschreitet oder nicht, was die Obergrenze der Solltemperatur ist (S13). Wenn sie niedriger als 75°C ist, was eine angemessene Temperatur ist, kehrt das Steuergerät zu Schritt S4 zurück, um die Behandlung fortzusetzen.

[0081] Wenn andererseits die Temperatur der Zuluft A an der Kathodenseite der Brennstoffzelle 1 75°C überschreitet, wird das Drucksteuerventil 25 um 5 Grad geöffnet, und dieser Zustand wird für eine vorbestimmte Zeitdauer (einige Sekunden) gehalten (S14 und S15). Dies senkt die Temperatur der Abluft Ae an der Auslassseite des Kompressors 24 und die Temperatur der Zuluft A an der Kathodenseite der Brennstoffzelle 1. Bevorzugt wird in Schritt S12 die tatsächliche Temperatur bewertet; wenn die Temperatur abnimmt, kehrt das Steuergerät 4 zu Schritt S4 zurück, um die Behandlung fortzusetzen (auch möglich ist es, zu Schritt S4 zurückzukehren). Wenn die Temperatur des Abgases Ae an der



Auslassseite des Kompressors 24 weiterhin zunimmt (oder nicht niedriger als 150°C (vorbestimmte Temperatur) ist), wobei in diesem Fall die mechanische Abnormalität wie oben beschrieben angenommen werden kann, wird der Ausfallsicherungsverfahren ausgeführt, um das Drucksteuerventil weit zu öffnen und den Kompressor 24 zu stoppen (S17 und S18). In diesem Fall wird eine Alarmlampe eingeschaltet, um dem Fahrer die Abnormalität mitzuteilen. Wenn das Drucksteuerventil 25 weit geöffnet ist, sinkt die Temperatur der Abluft Ae auch dann, falls der Kompressor nicht stoppt. [0082] Wie oben beschrieben, kann durch Umschalten des Dreibegeventils 26 von dem Startmodus zu dem Normalmodus oder umgekehrt und durch Rückführung der Abluft Ae zu der Brennstoffzelle 1 als die Zuluft A, die Wärme, die durch die adiabatische Kompression des Kompressors erzeugt wird, genutzt werden, ohne diese zu verschwenden, um hierdurch die Brennstoffzelle aufzuwärmen. Auch kann die im Inneren der Brennstoffzelle 1 gespeicherte Feuchtigkeit effektiv genutzt werden. Während als der in dieser Ausführung beschriebene Befeuchter 29 ein Mittel zum Versprühen von Wasser benutzt wird, ist es auch möglich, ein Mittel zur Nutzung einer wasserdurchlässigen Hohlfasermembrane anzuwenden. Obwohl die Beschreibung weggelassen ist, kann ferner die Wasserstoffversorgungsvorrichtung derauf konfiguriert sein, dass sie die Temperaturregelung und die Feuchtigkeitsregelung durchführt.

#### Zweite Ausführung

[0083] Nachfolgend wird eine Vorrichtung zum Aufwärmen der Brennstoffzelle nach der zweiten Ausführung der vorliegenden Erfindung beschrieben. Elemente, Teile und dgl., die mit jenen der ersten Ausführung identisch sind, haben die gleichen Zahlen oder Symbole, und ihre Beschreibungen werden weggelassen.

[0084] Fig. 5 zeigt insgesamt ein Brennstoffzellensystem mit einer Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der zweiten Ausführung der vorliegenden Erfindung.

[0085] Wie in Fig. 5 gezeigt, ist die Vorrichtung GS2 zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der zweiten Ausführung so konfiguriert, dass kein Wärmeaustauscher vorgesehen ist (andere Teile sind die gleichen wie jene der ersten Ausführung). In dieser Konfiguration kann die durch die adiabatische Kompression des Kompressors erzeugte Wärme genutzt werden, ohne sie zu verschwenden, um hierdurch die Brennstoffzelle aufzuwärmen, und die im Inneren der Brennstoffzelle 1 gespeicherte Feuchtigkeit kann ähnlich der ersten Ausführung effektiv genutzt werden. Stromab des Dreibegeventils 26 (Auslassseite) kann ein Wärmeaustauscher vorgesehen sein, um im Normalmodus zwischen der Abluft Ae und der Zuluft A einen Wärmeaustausch durchzuführen.

#### Dritte Ausführung

[0086] Nachfolgend wird eine Vorrichtung zum Aufwärmen der Brennstoffzelle nach der dritten Ausführung der vorliegenden Erfindung beschrieben. Elemente, Teile und dgl., die mit jenen der ersten Ausführung identisch sind, haben die gleichen Zahlen oder Symbole und ihre Beschreibungen werden weggelassen.

[0087] Fig. 6 zeigt insgesamt ein Brennstoffzellensystem mit einer Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der dritten Ausführung der vorliegenden Erfindung.

[0088] In der Vorrichtung GS3 zum Aufwärmen der Brennstoffzelle nach der dritten Ausführung wird als der

Befeuchter 23 ein wasserdurchlässiger Befeuchter unter Verwendung einer Hohlfasermembrane (nicht gezeigt) benutzt. Die Hohlfasermembrane enthält Hohlfasern, die jeweils einen hohlen Durchgang, einen Durchmesser im Bereich von 1 bis 2 mm und eine Länge einigen Zehn cm aufweisen. Der Befeuchter 23 ist aus zwei Hohlfasermembranmodulen aufgebaut, die jeweils in einem hohlen Behälter aufgenommen sind, wobei jedes Modul ein Bündel mehrerer Tausend Hohlfasern aufweist. Rohre, die diese zwei Hohlfasermembranmodule parallel verbinden, Schalter (Schaltmittel) zum Schalten dieser zwei Hohlfasermembranmodule in Abhängigkeit von der Durchflussmenge und der Feuchtigkeit der Zuluft, wie etwa ein elektromagnetisches Ventil, sowie ein Steuergerät für das elektromagnetische Ventil (alle nicht gezeigt). In dieser Ausführung ist das Steuergerät für das elektromagnetische Ventil in dem Steuergerät 4 enthalten.

[0089] Ein Packungsverhältnis der Hohlfasermembrane in jedem Hohlfasermembranmodul beträgt von 40 bis 60% relativ zum Querschnitt des hohlen Behälters. Das Hohlfasermembranmodul ist so konfiguriert, dass die Abluft Ae vom einen Ende des hohlen Durchgangs her fließt und vom anderen Ende abgegeben wird. Auch ist das Hohlfasermembranmodul so konfiguriert, dass die Zuluft A durch die Spalte zwischen den Hohlfasern fließt und dann abgegeben wird. Insbesondere ist das Hohlfasermembranmodul so konfiguriert, dass es die Zuluft A mit der Abluft Ae nicht vermischt. Andererseits besitzt das Hohlfasermembranmodul eine Vielzahl von Kapillarröhren von seiner Innenfläche zur Außenfläche jeweils mit einem Durchmesser von einigen nm. In diesen Kapillarröhren sinkt der Dampfdruck, was leicht zur Kondensation der Feuchtigkeit führt. Die kondensierte Feuchtigkeit wird wegen der Kapillarwirkung abgesaugt und durchdringt die Hohlfasermembrane. Daher wird, wenn die eine große Menge von in der Brennstoffzelle 1 erzeugter Feuchtigkeit enthaltende Abluft Ae durch den hohlen Durchgang fließt, die Feuchtigkeit an der Innenfläche des hohlen Durchgangs kondensiert, und die kondensierte Feuchtigkeit befeuchtet die Zuluft A, die relativ trocken ist, und fließt durch die Spalte zwischen den Hohlfasern. Auch ist es möglich, dass die Zuluft A durch die Seite des hohlen Durchgangs hindurchfließt und die Abluft Ae durch die Spalte zwischen den Hohlfasern hindurchfließt.

[0090] Der Befeuchter 23 ist so konfiguriert, dass dann, wenn die Durchflussmenge der Zuluft gering ist, der Schalter die Hohlfasermembranmodule so schaltet, dass nur das eine Hohlfasermembranmodul benutzt wird, und wenn die Durchflussmenge der Zuluft groß ist, der Schalter die Hohlfasermembranmodule so schaltet, dass beide Hohlfasermembranmodule benutzt werden. Das Umschalten des Hohlfasermembranmoduls beruht auf der Befeuchtungscharakteristik des Hohlfasermembranmoduls, dass die Befeuchtungseistung des Hohlfasermembranmoduls abnimmt, wenn die Durchflussmenge der Zuluft A und jene der Abluft Ae zu klein oder zu groß ist. Die Zeitgebung zum Umschalten der Hohlfasermembranmodule oder dgl. wird aufgrund des Erfassungssignals von dem Aerometer Q und dem Erfassungssignal von dem Feuchtigkeitssensor H entschieden.

[0091] Der Befeuchter 23, der die Hohlfasermembranmodule nutzt, dient auch als Wärmeaustauscher, der die Wärme, die die Zuluft A besessen hat, und jene, die die Abluft Ae besessen hat, austauscht. Demzufolge besitzt, anders als die erste Ausführung, die Vorrichtung zum Aufwärmen der Brennstoffzelle nach dieser Ausführung keinen separaten Wärmeaustauscher.

[0092] Die Vorrichtung GS3 zum Aufwärmen der Brennstoffzelle nach der dritten Ausführung, die die gleichen Konfigurationen wie die erste Ausführung hat, außer den

Teil des Wärmeaustauschers und des Befeuchters, kann die Brennstoffzelle mit nur einer einfachen Konfiguration, wenn das Dreiwegeventil 26 umgeschaltet wird, schnell aufwärmen. In der Vorrichtung GS3 zum Aufwärmen der Brennstoffzelle nach der dritten Ausführung kann die im Inneren der Brennstoffzelle 1 gespeicherte Feuchtigkeit effektiv genutzt werden, und daher braucht kein oder nur wenig Wasser zur Wasserspeicherung für die Befeuchtung gespeichert werden. Auch kann die Befeuchtung der Zuluft A in gleichmäßiger Weise durchgeführt werden.

#### Vierte Ausführung

[0093] Nachfolgend wird eine Vorrichtung zum Aufwärmen der Brennstoffzelle nach der vierten Ausführung der vorliegenden Erfindung beschrieben. Elemente, Teile und dgl., die mit jenen der ersten Ausführung identisch sind, haben die gleichen Zahlen oder Symbole und ihre Beschreibungen werden weggelassen.

[0094] Fig. 7 zeigt insgesamt ein Brennstoffzellensystem mit einer Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der vierten Ausführung der vorliegenden Erfindung.

[0095] In der Vorrichtung GS4 zum Aufwärmen der Brennstoffzelle nach der vierten Ausführung ist der Kompressor 24 zwischen einem Auslass der Zuluft A in den Wärmeaustauscher 24 und den Befeuchter 23 vorgesehen. In dieser Konfiguration wird die über den Luftreiniger 21 eingeführte Zuluft A in die Brennstoffzelle 1 über den Kompressor 24 zugeführt. Während die Zuluft A in dem Kompressor 24 adiabatisch komprimiert wird, um in die Brennstoffzelle 1 gedrückt zu werden, erwärmt sich die Zuluft A während der adiabatischen Kompression und wird zu erhitzter Zuluft AH. Demzufolge wird die erhitzte Zuluft AH in die Brennstoffzelle 1 geleitet, was zum Aufwärmen der Brennstoffzelle 1 beiträgt.

[0096] Da, ähnlich der ersten Ausführung, das Dreiwegeventil 26 beim Starten der Brennstoffzelle 1 in der Rückführstellung angeordnet ist, wird die erhitzte Zuluft AH, die zum Zwecke des Aufwärmens der Brennstoffzelle 1 in die Brennstoffzelle 1 geleitet worden ist, von der Brennstoffzelle 1 abgegeben und wird zu erhitzter Abluft AeH, die dann in die Zufuhrseite des Kompressors 24 gedrückt wird. Obwohl die Wärme abgeführt wird, wenn die Brennstoffzelle 1 aufgewärmt wird, besitzt die erhitzte Abluft AeH, die in die Brennstoffzelle 1 geleitet wird, eine größere Wärmemenge als sie die Atmosphäre besessen hat. Durch Rückführung der erhitzten Abluft AeH, die eine größere Wärmemenge enthält als die Atmosphäre besessen hat, kann die Brennstoffzelle 1 viel schneller aufgewärmt werden.

[0097] Nach Abschluss des Aufwärmens der Brennstoffzelle 1 wird das Dreiwegeventil 26 in die Auslassstellung umgeschaltet, und es wird der Normalbetrieb durchgeführt.

[0098] Nachfolgend wird ein Beispiel des Betriebs der Vorrichtung GS4 zum Aufwärmen der Brennstoffzelle nach der oben beschriebenen vierten Ausführung anhand von Fig. 8 beschrieben (siehe bei Bedarf auch Fig. 7). Da dieser Betrieb die gleichen Teile wie jene im Falle des Startmodus der ersten Ausführung aufweist, wird eine Detailbeschreibung davon weggelassen.

[0099] Im Startmodus wird das Dreiwegeventil in der Rückführstellung angeordnet (S1) und der Kompressor wird mit einer gegebenen Drehzahl betrieben (S2). Anschließend wird die Öffnung des Druckventils 25 auf einen vorbestimmten Pegel gesetzt (S3) und das Steuergerät bewertet, ob die Temperatur  $T_3$  der Abluft an der Kathodenseite der Brennstoffzelle 1 (erhitzte Abluft AeH) niedriger als 20°C ist oder nicht (S1). Diese Schritte sind die gleichen wie jene

des Startmodus der ersten Ausführung. Da die Brennstoffzelle noch keinen elektrischen Strom erzeugt hat, ist Energie zum Antrieb des Kompressors 24 erforderlich. Diese Energie kann beispielsweise aus einem Kondensator oder einer Batterie (nicht gezeigt) entnommen werden. Wenn gewertet wird, dass die Temperatur der erhitzten Abluft AeH niedriger als 20°C ist, führt das Steuergerät 4 die Schritte von Schritt S6 bis Schritt S19 aus, wie in der ersten Ausführung.

[0100] Wenn andererseits gewertet wird, dass die Temperatur der erhitzten Abluft AeH nicht niedriger als 20°C ist, schaltet das Steuergerät 4 zu dem Normalmodus und wertet, ob die Brennstoffzelle 1 zur Energieerzeugung bereit ist oder nicht (S21). Wenn gewertet wird, dass die Brennstoffzelle 1 zur Energieerzeugung nicht bereit ist, kehrt das Steuergerät 4 zu Schritt S6 zurück und wiederholt dann die Schritte von S6 zu S19 wie in der ersten Ausführung. Wenn gewertet wird, dass die Brennstoffzelle 1 zur Energieerzeugung bereit ist, startet die Brennstoffzelle 1 die Energieerzeugung mit einem vorbestimmten Strom (S22). Die Energieerzeugung erfolgt zu dieser Zeit nur mit niedrigem Strom, weil die Brennstoffzelle 1 noch nicht warm geworden ist. Insbesondere wird die Energieerzeugung zu dieser Zeit als vorläufige Energieerzeugung betrachtet und wird nicht als die normale Energieerzeugung betrachtet.

[0101] Wenn die vorläufige Energieerzeugung mit niedrigem Strom gestartet ist, erhitzt sich die Brennstoffzelle selbst aufgrund der durch die Energieerzeugung erzeugten Wärme, was auch dazu beiträgt, die Brennstoffzelle aufzuwärmen. Die Rückführmenge der erhitzten Abluft AeH wird so gesteuert, dass keine Überschussmenge der erhitzten Abluft AeH in den Kompressor 24 geleitet wird, um die Sauerstoffmenge der in die Brennstoffzelle 1 geleiteten erhitzten Zuluft AH zu senken (S23). Hierbei wird, entsprechend der Mengenabnahme der Rückführung der erhitzten Abluft AeH, oder entsprechend der Sauerstoffabnahme in dem Zirkulationszyklus, die Frischluft aufgenommen, um Sauerstoff zu ergänzen. Im ersteren Fall wird das Dreiwegeventil, das als das Mittel zum Rückführen des Abgases dient, gesteuert, um einen Teil des erhitzten Abgases abzuführen. Im letzteren Fall wird ein Teil des erhitzten Abgases aus dem Zirkulationszyklus abgeführt.

[0102] Anschließend werden die Temperatur  $T_1$  der erhitzten Zuluft AH, die der Brennstoffzelle 1 zuzuführen ist, und die Temperatur  $T_2$  der erhitzten Abluft AeH, die von der Brennstoffzelle 1 abgegeben wird, erfasst. Es werden zwei Bedingungen gewertet (S24), d. h. ob die Temperatur  $T_1$  der erhitzten Zuluft AH niedriger als 70°C ist oder nicht, und ob die Temperatur  $T_2$  der erhitzten Abluft AH niedriger als 40°C ist oder nicht. Wenn beide Bedingungen nicht erfüllt sind, wertet das Steuergerät, dass das Aufwärmen noch nicht abgeschlossen ist, und kehrt zu Schritt S23 zurück. Wenn eine der beiden Bedingungen erfüllt ist, wird das Dreiwegeventil 26 in die Auslassstellung angeordnet, um das gesamte erhitzte Abgas abzuführen (S25). Dann ist das Aufwärmen abgeschlossen (S26) und danach wird die Energieerzeugung der Brennstoffzelle 1 gestartet.

[0103] Wenn im Startmodus die Temperatur  $T_3$  der erhitzten Abluft AeH von der Brennstoffzelle 1 niedriger als 20°C ist, wird der Startmodus beibehalten, um einen ähnlichen Effekt wie in der ersten Ausführung zu erhalten. Wenn die Temperatur  $T_3$  der erhitzten Abluft AeH von der Brennstoffzelle 1 20°C wird, um in den Normalmodus geschaltet zu werden, wird die normale Energieerzeugung nicht durchgeführt, bis das Aufwärmen der Brennstoffzelle abgeschlossen ist, und es wird nur die vorläufige Energieerzeugung durchgeführt. Da nach dem Abschluss des Aufwärmens die normale Energieerzeugung gestartet wird, kann das Aufwärmen der Brennstoffzelle 1 effektiv durchgeführt werden,

und die Energieerzeugung der Brennstoffzelle 1 kann in geeigneter Weise durchgeführt werden.

[0104] In diesem Beispiel ist der Wärmeaustauscher vorgesehen, um einen Wärmeaustausch zwischen der erhitzten Abluft AeH und der erhitzten Zuluft AH durchzuführen. Dies senkt die Rückführmenge entsprechend der Sauerstoffmenge, die gemäß der Energieerzeugung der Brennstoffzelle abnimmt, und daher kann nur die Wärmemenge übertragen werden, die das Abgas besessen hat. Demzufolge lässt sich eine Konfiguration aufbauen, die Wärme nur schwer abgibt.

#### Fünfte Ausführung

[0105] Nachfolgend wird eine Vorrichtung zum Aufwärmen der Brennstoffzelle nach der fünften Ausführung der vorliegenden Erfindung beschrieben. Elemente, Teile und dgl., die mit jenen der ersten bis vierten Ausführungen identisch sind, haben die gleichen Zahlen oder Symbole und ihre Beschreibungen werden weggelassen.

[0106] Fig. 9 zeigt insgesamt ein Brennstoffzellensystem mit einer Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der fünften Ausführung der vorliegenden Erfindung.

[0107] Wie in Fig. 9 gezeigt, besitzt die Vorrichtung GS5 zum Aufwärmen der Brennstoffzelle nach der fünften Ausführung, im Vergleich zur Vorrichtung nach der vierten Ausführung, keinen Wärmeaustauscher 22 und, anstatt des Dreiwegeventils 26, ein Durchflussmengensteuerventil 41. An dem Rohr P1 zwischen dem Drucksteuerventil 25 und dem Durchflussmengensteuerventil 41 ist ein Zweigrohr P2 vorgesehen und mit einem Rohr 3 zwischen dem Aerometer Q und dem Kompressor 24 verbunden. An dem Rohr P3 ist ein Rückschlagventil 42 vorgesehen.

[0108] Wenn in dieser Konfiguration die Brennstoffzelle 1 warm geworden ist, kann das Rückschlagventil 42 geöffnet werden, um die erhitzte Abluft AeH, die eine große Menge an von der Brennstoffzelle 1 abgegebener Wärme enthält, zu dem Kompressor 24 zurückzuführen. Wenn, nach dem Starten der Initiierung der Energieerzeugung der Brennstoffzelle 1 das Rückschlagventil 42 offen gelassen wird, wird die erhitzte Abluft AeH in den Kompressor 24 eingeführt. Demzufolge kann dies zu der Zeit, zu der die Brennstoffzelle 1 die Energieerzeugung beim Starten der Brennstoffzelle 1 nicht startet, sowie zu der Zeit nach dem Beginn der Energieerzeugung durch die Brennstoffzelle zum schnellen Aufwärmen der Brennstoffzelle 1 beitragen. Da die Durchflussmenge der erhitzten Abluft AeH mittels des Durchflussmengensteuerventils 41 gesteuert werden kann, kann die Temperatur  $T_1$  der erhitzten Zuluft Ah am Einlass der Brennstoffzelle 1 eingeschränkt werden, sodass sie die Obergrenze nicht überschreitet. Demzufolge kann die Brennstoffzelle 1 bei einer Temperatur innerhalb des Bereichs, der die Obergrenze der Temperatur  $T_1$  der erhitzten Zuluft AH am Einlass der Brennstoffzelle 1 nicht überschreitet, schnell aufgewärmt werden.

#### Sechste Ausführung

[0109] Nachfolgend wird eine Vorrichtung zum Aufwärmen der Brennstoffzelle nach der sechsten Ausführung der vorliegenden Erfindung beschrieben. Elemente, Teile und dgl., die mit jenen der ersten bis fünften Ausführungen identisch sind, haben die gleichen Zahlen oder Symbole und ihre Beschreibungen werden weggelassen.

[0110] Fig. 10 zeigt insgesamt ein Brennstoffzellensystem mit einer Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach der sechsten Ausführung der vorliegenden Erfindung.

dung.

[0111] Die Vorrichtung GS6 zum Aufwärmen der Brennstoffzelle nach der sechsten Ausführung besitzt das Durchflussmengensteuerventil 41, das an dem Zweigrohr P2 vorgesehen ist, und, im Vergleich zur Vorrichtung nach der fünften Ausführung, keine Vorrichtung, die an dem Rohr P1 vorgesehen ist.

[0112] In dieser Konfiguration kann die Menge der zum Kompressor 24 rückzuführenden erhitzten Abluft AeH durch das Durchflussmengensteuerventil 41 gesteuert werden, dass an dem Zweigrohr 24 vorgesehen ist. Demzufolge kann dies, wie in der fünften Ausführung, zu der Zeit, zu der die Brennstoffzelle 1 die Energieerzeugung beim Starten der Brennstoffzelle 1 nicht startet, sowie zu der Zeit nach dem Start der Energieerzeugung durch die Brennstoffzelle 1, zum schnellen Aufwärmen der Brennstoffzelle 1 beitragen. Da die Durchflussmenge der erhitzten Abluft AeH mittels des Durchflussmengensteuerventils 41 gesteuert werden kann, kann die Temperatur  $T_1$  der erhitzten Zuluft Ah am Einlass der Brennstoffzelle 1 eingeschränkt werden, sodass sie die Obergrenze nicht überschreitet. Demzufolge kann die Brennstoffzelle 1 bei einer Temperatur innerhalb des Bereichs, der die Obergrenze der Temperatur  $T_1$  der erhitzten Zuluft Ah am Einlass der Brennstoffzelle 1 nicht überschreitet, schnell aufgewärmt werden.

[0113] Obwohl Ausführungen der vorliegenden Erfindung beschrieben wurden, können verschiedene Modifikationen der vorliegenden Erfindung erfolgen.

[0114] Obwohl beispielsweise die Wasserstoffversorgungsvorrichtung in diesen Ausführungen eine solche Konfiguration hat, dass Wasserstoff von dem Wasserstoffgaszylinder in die Brennstoffzelle geleitet wird, kann auch ein flüssiger Rohrbrennstoff in einem Reformer reformiert werden, das in die Brennstoffzelle geleitet wird. Unabhängig von der Zirkulation des Auslass-Wasserstoffs kann die vorliegende Erfindung auch seitens der Wasserstoffgas-Versorgungsvorrichtung angewendet werden. Die Befeuchter in der ersten und der zweiten Ausführung kann ein solcher sein, der eine Zweifluid-Düse oder Ultraschallwellen verwendet. Die wasserdurchlässige Membrane in der dritten Ausführung ist ebenfalls nicht auf die Hohlfasermembrane eingeschränkt. Was den Kompressor betrifft, kann auch, zusätzlich zu einem Turboauflader-Typ oder einem Turbolader-Typ, der eine Turbine dreht, ein hin- und hergehender Typ verwendet werden.

[0115] Die Brennstoffzelle verbraucht niemals Wasserstoff und Sauerstoff, wenn sie keine Energie erzeugt (d. h. wenn in der Anode erzeugte Elektronen nicht zur Kathode bewegt werden). Wenn die Brennstoffzelle im Startmodus Energie erzeugt, erzeugt die Brennstoffzelle Wärme, die gegebenenfalls für das Aufwärmen der Brennstoffzelle genutzt werden kann (angemerkt wird, dass in der Situation, in der das Aufwärmen nicht ausreichend erfolgt, die Energieerzeugungseffizienz gering ist und die Wärme nur in geringer Menge erzeugt wird). Auch wird, anstatt der Erfassung der Temperatur, der Abschluss des Startmodus durch eine Zeit gewertet, indem ein Zeitglied vorgesehen wird.

[0116] Eine Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle besitzt ein Mittel zum Rückführen von Abgas, das das Abgas zu dem Versorgungsgas in Abhängigkeit von Aufwärmzuständen der Brennstoffzelle zu der Zeit rückführt, wenn das Versorgungsgas in die Brennstoffzelle eingeführt wird und es, nach Nutzung des Versorgungsgases in der Brennstoffzelle, als das Abgas abgegeben wird.

#### Patentansprüche

##### 1. Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle

- mit einem Mittel zum Rückführen von Abgas, das das Abgas zu dem Versorgungsgas in Abhängigkeit von Aufwärmzuständen der Brennstoffzelle zu der Zeit rückführt, wenn das Versorgungsgas in die Brennstoffzelle eingeführt wird und es, nach Nutzung des Versorgungsgases in der Brennstoffzelle, als das Abgas abgegeben wird. 5
2. Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach Anspruch 1, worin das Mittel zum Rückführen des Abgases in Abhängigkeit von der Temperatur des Abgases gesteuert/geregelt wird. 10
3. Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach Anspruch 1, umfassend einen Kompressor, der das Abgas von der Brennstoffzelle abgibt und das Abgas zu dem Versorgungsgas zurückführt. 15
4. Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach Anspruch 2, umfassend einen Kompressor, der das Abgas von der Brennstoffzelle abgibt und das Abgas zu dem Versorgungsgas zurückführt. 20
5. Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach Anspruch 3, umfassend einen Druckregler, der den Druck des Abgases aus der Brennstoffzelle steuert/regelt. 25
6. Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach Anspruch 4, umfassend einen Druckregler, der den Druck des Abgases von der Brennstoffzelle steuert/regelt. 30
7. Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach Anspruch 5, worin der Druckregler in Abhängigkeit von der Temperatur der Zuluft gesteuert/geregelt wird. 35
8. Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach Anspruch 6, worin der Druckregler in Abhängigkeit von der Temperatur der Zuluft gesteuert/geregelt wird. 40
9. Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach Anspruch 7, worin der Druckregler durch Vergleich der Temperatur des Versorgungsgases mit einer Solltemperatur des Versorgungsgases geregelt wird. 45
10. Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach Anspruch 8, worin der Druckregler durch Vergleich der Temperatur des Versorgungsgases mit einer Solltemperatur des Versorgungsgases geregelt wird. 50
11. Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach Anspruch 1, worin das Versorgungsgas Luft ist, die einer Sauerstoffpolseite der Brennstoffzelle zugeführt wird, und das Mittel zum Rückführen des Abgases in Abhängigkeit von der Sauerstoffmenge in der in der Sauerstoffpol der Brennstoffzelle eingeführten Luft gesteuert/geregelt wird. 55
12. Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach Anspruch 11, worin dann, wenn die Sauerstoffmenge wegen der Energieerzeugung der Brennstoffzelle abnimmt, die rückzuführende Abgasmenge durch das Mittel zum Rückführen des Abgases gesenkt wird. 60
13. Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle mit einem Kompressor, der Versorgungsgas in die Brennstoffzelle einführt und der, nach Nutzung in der Brennstoffzelle, das Versorgungsgas als Abgas abgibt, dadurch gekennzeichnet, dass das Gas durch Wärme erhitzt wird, die durch die adiabatische Kompression des Kompressors erzeugt wird, wobei das erhitzte Gas in die Brennstoffzelle eingeführt wird, um die Brennstoffzelle aufzuwärmen, und das von der Brennstoffzelle abgegebene Gas zu dem Kompressor rückgeführt wird, um einen Zirkulationszyklus zu bilden. 65

14. Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach Anspruch 13, worin der Zirkulationszyklus einen Wärmeaustauscher zwischen dem Gas vor Erhitzung durch den Kompressor und dem Gas nach Erhitzung durch den Kompressor besitzt und das durch den Wärmeaustauscher erhitze Gas der Brennstoffzelle zugeführt wird.
15. Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach Anspruch 13, worin die Vorrichtung bewertet, ob das Aufwärmen der Brennstoffzelle abgeschlossen ist oder nicht, und die Energieerzeugung der Brennstoffzelle gestartet wird, nachdem das Aufwärmen als abgeschlossen bewertet ist.
16. Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach Anspruch 14, worin die Vorrichtung bewertet, ob das Aufwärmen der Brennstoffzelle abgeschlossen ist oder nicht, und die Energieerzeugung gestartet wird, nachdem das Aufwärmen als abgeschlossen bewertet ist.
17. Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach Anspruch 15, worin die Bewertung des Abschlusses des Aufwärmens auf der Basis der Temperatur des von der Brennstoffzelle abgegebenen Abgases erfolgt.
18. Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach Anspruch 16, worin die Bewertung des Abschlusses des Aufwärmens auf der Basis der Temperatur des von der Brennstoffzelle abgegebenen Abgases erfolgt.
19. Vorrichtung zum Aufwärmen einer Brennstoffzelle nach Anspruch 13, worin das Versorgungsgas Luft ist, die einer Sauerstoffpolseite der Brennstoffzelle zugeführt wird, wobei, wenn die Sauerstoffmenge in dem Zirkulationszyklus wegen der Energieerzeugung der Brennstoffzelle abnimmt, die Frischluft zum Ergänzen des Sauerstoffs genommen wird.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1

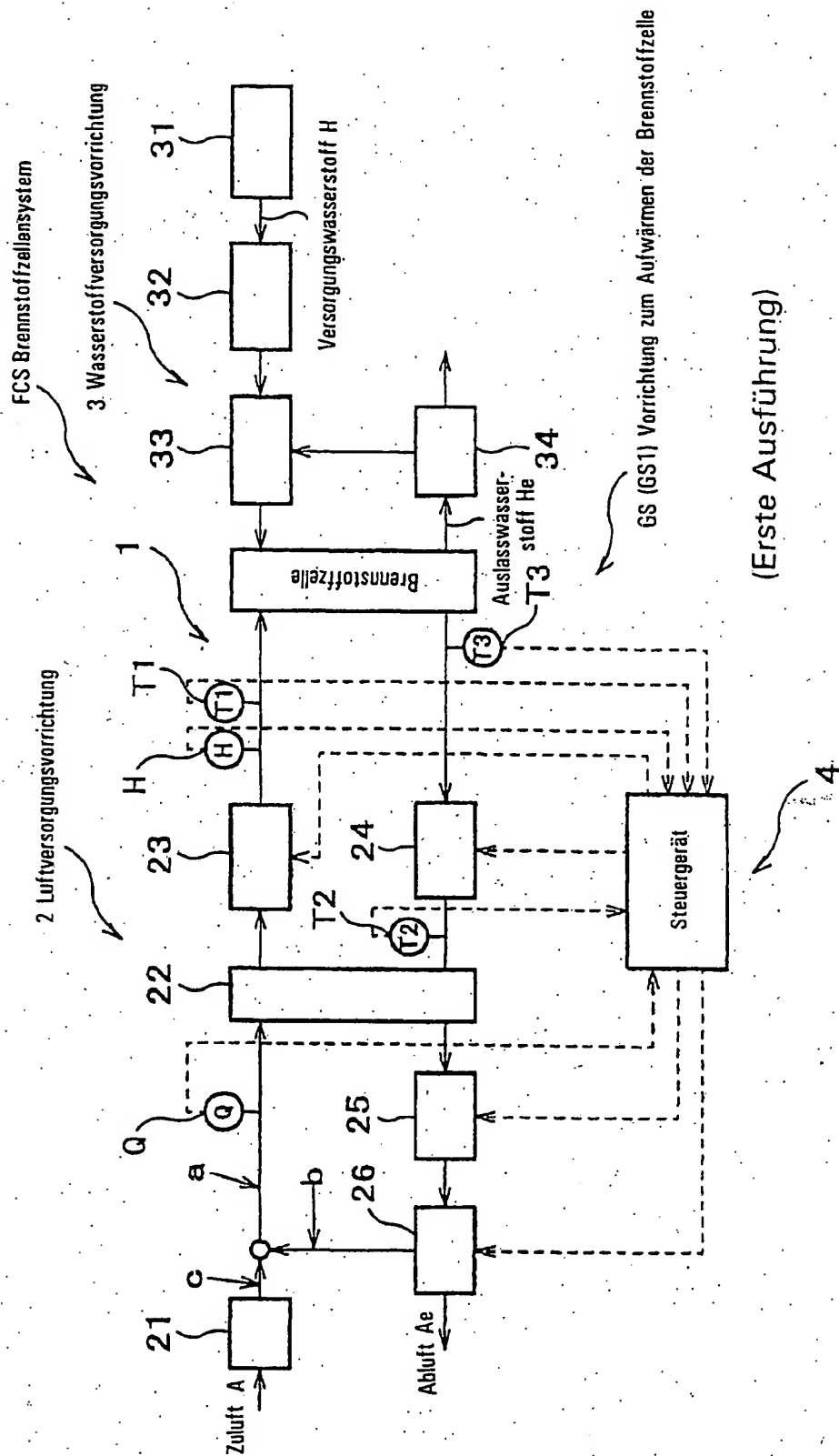




FIG. 2

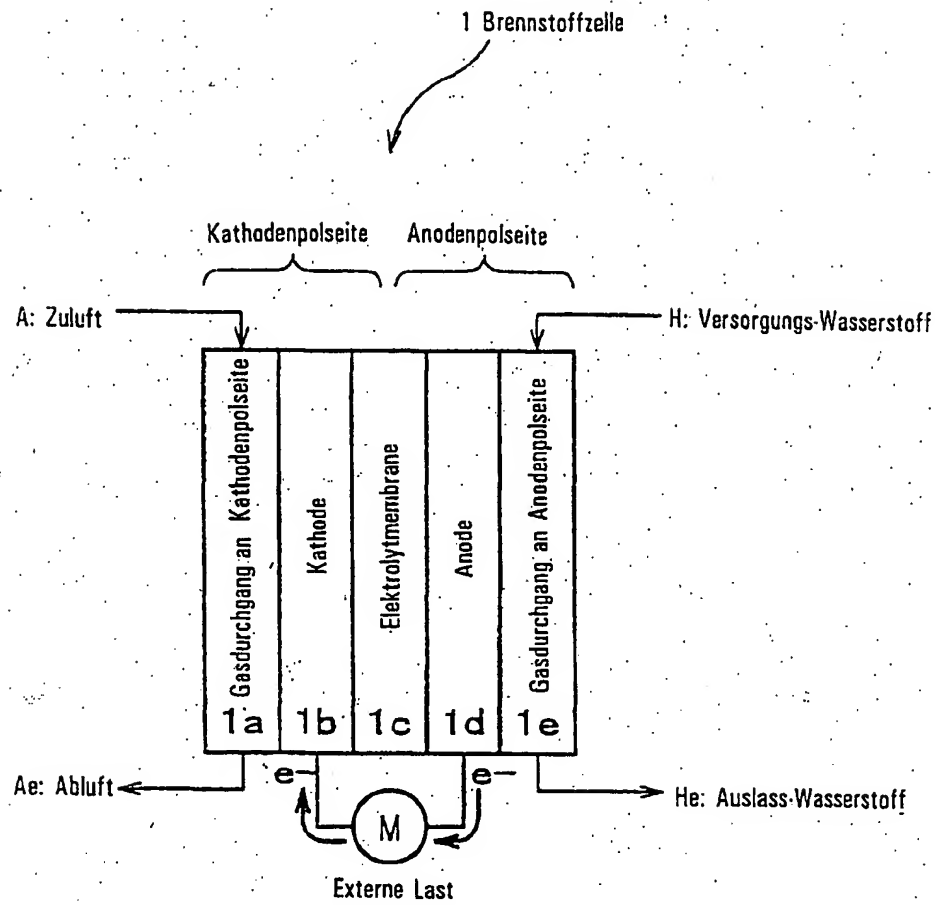


FIG.3

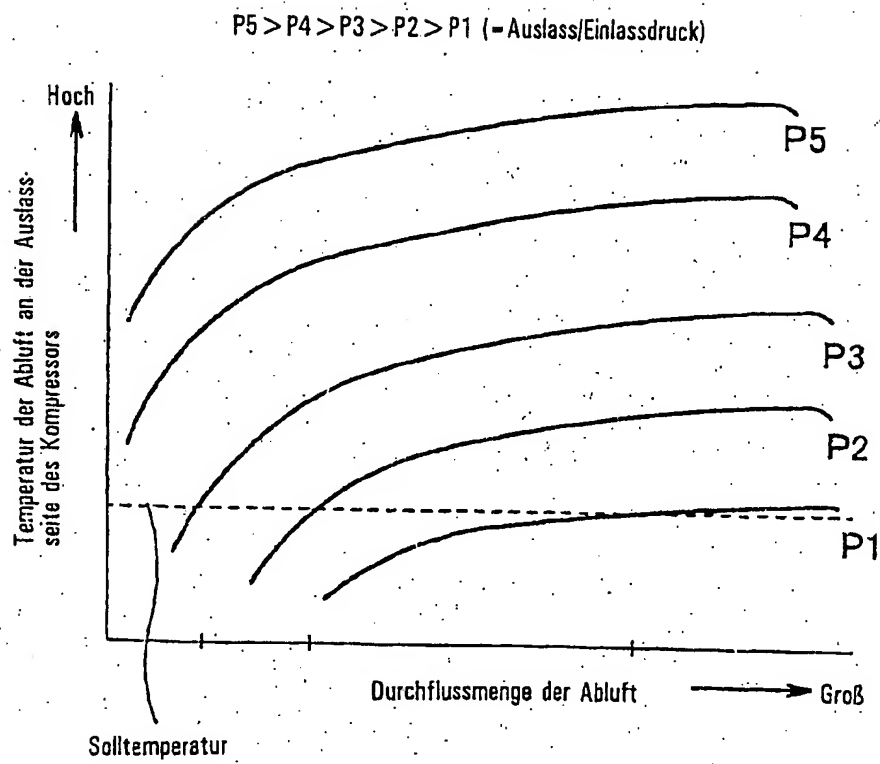


FIG.4

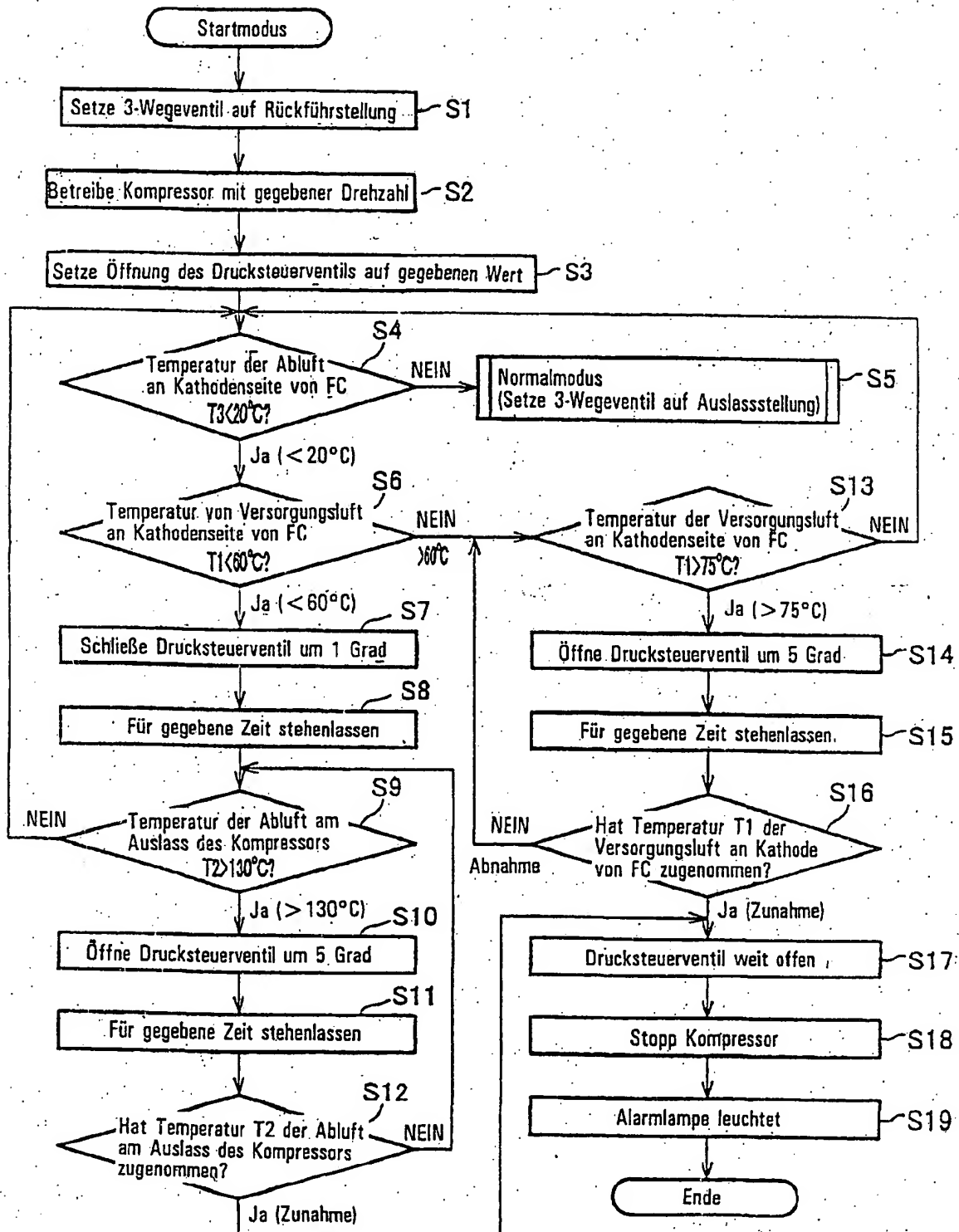


FIG.5

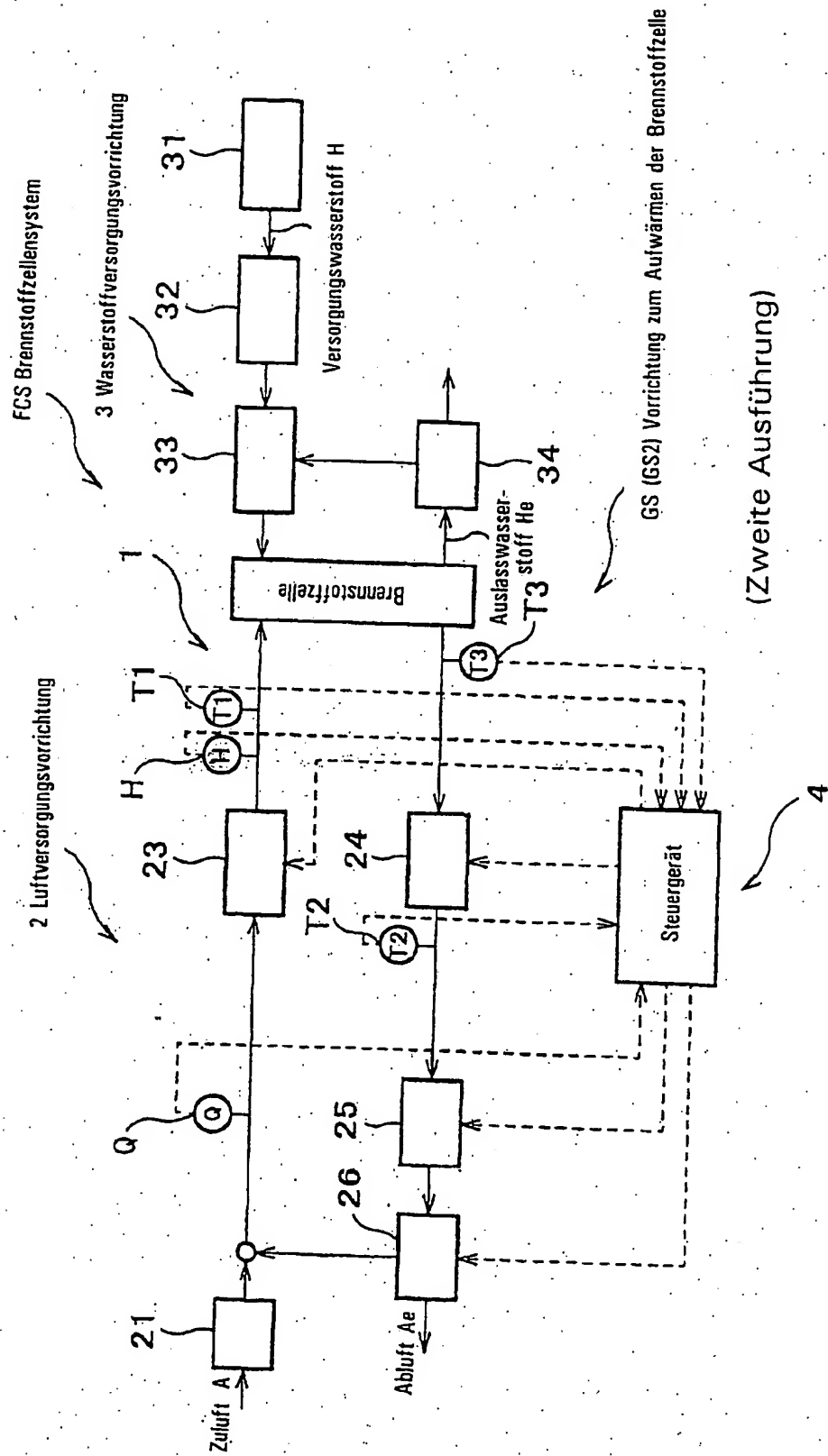


FIG. 6

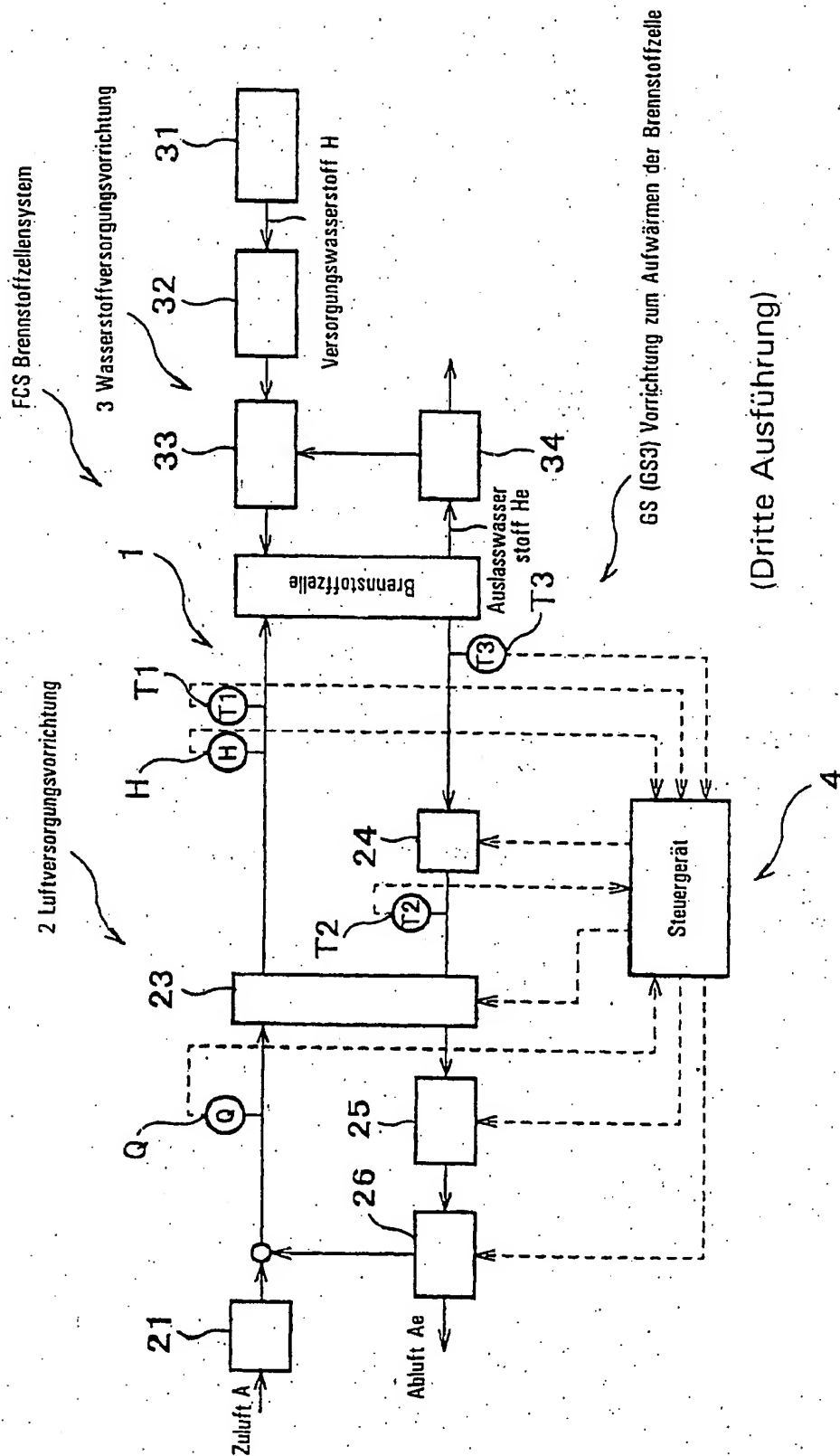


FIG. 7

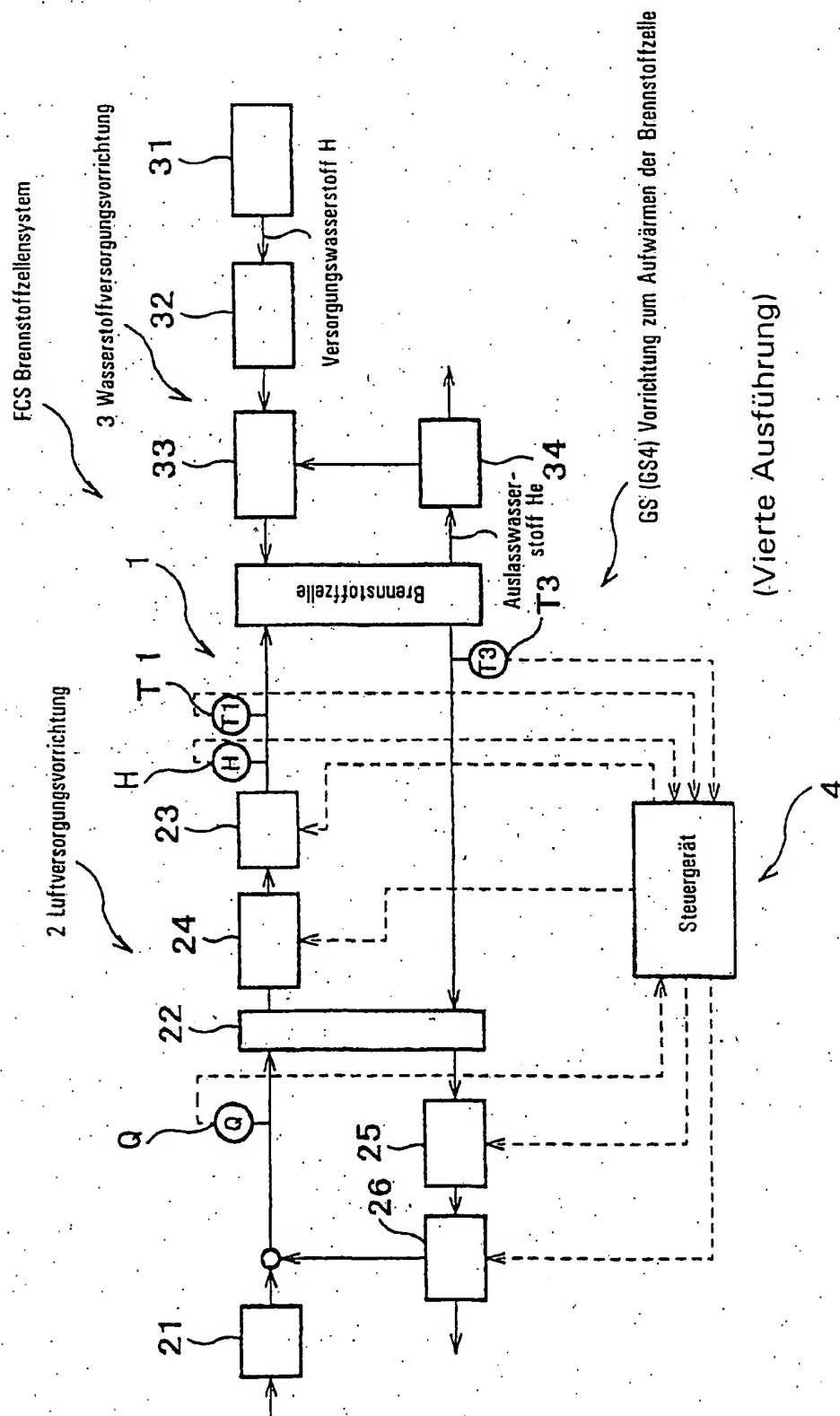




FIG. 8

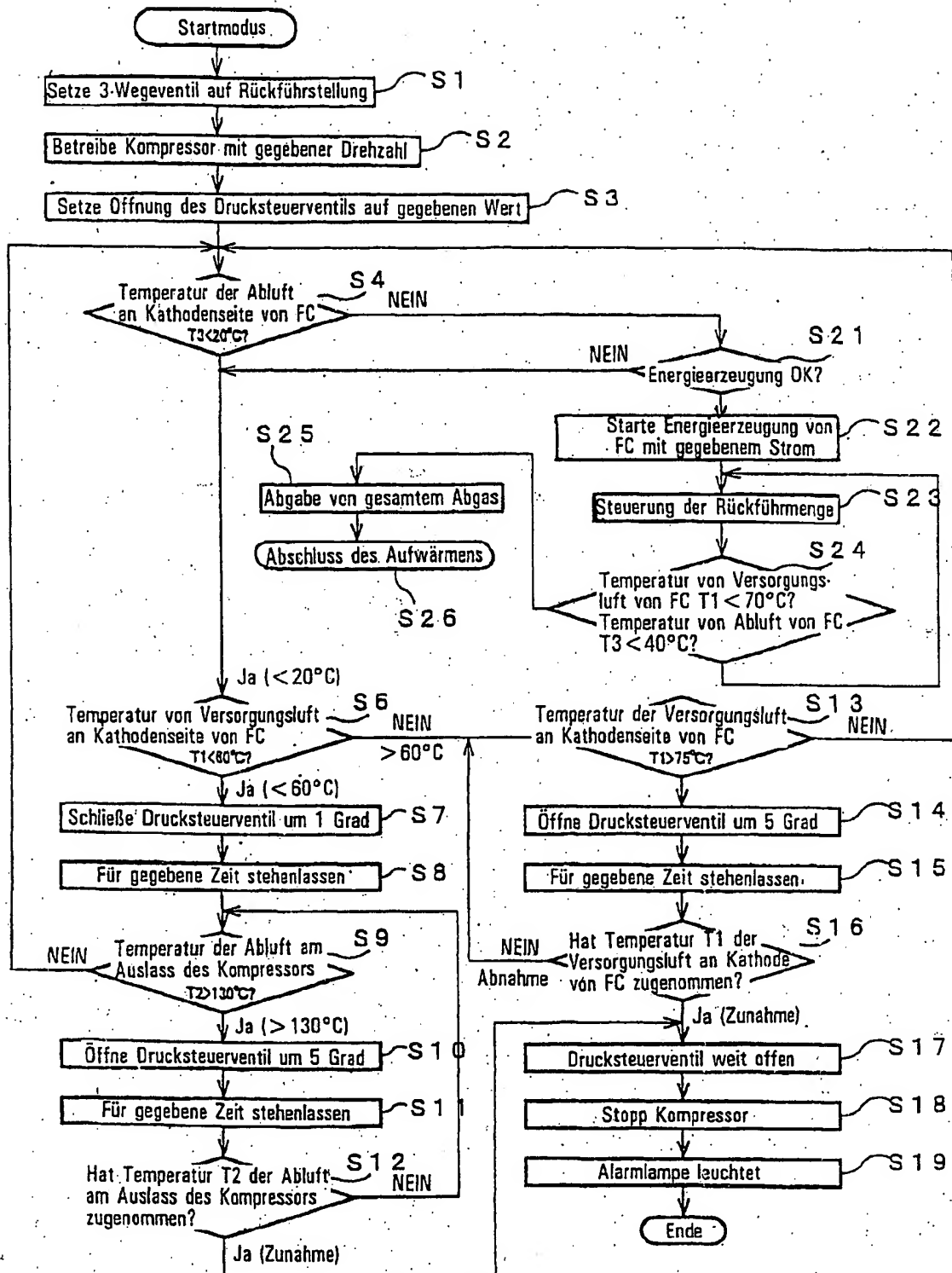


FIG. 9

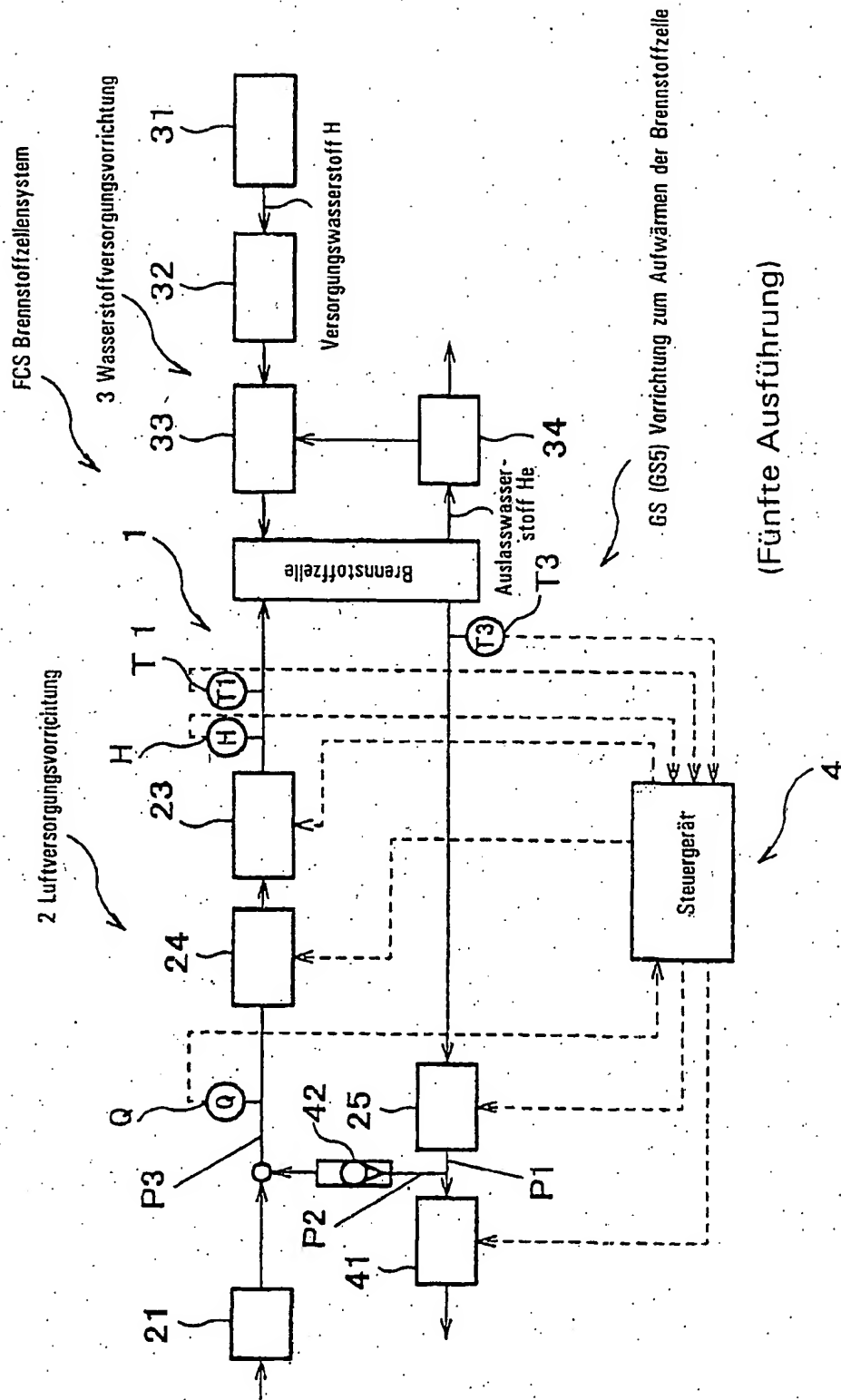


FIG.10

